



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA VODÍČÍHO DISKU

PRODUCTION OF GUIDING DISC

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Slavík

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michaela Císařová, Ph.D.

BRNO 2021

# Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Tomáš Slavík**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Michaela Císařová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Výroba vodícího disku

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby vodícího disku do automatické převodovky. Součást je plochého tvaru s několika otvory a bude vyráběna technologií stříhání. Na tuto problematiku bude zaměřena literární studie.

### Cíle bakalářské práce:

Zhodnotit možné technologie výroby součásti s posouzením jejich vhodnosti a nevhodnosti.  
Vypracovat aktuální literární studii na zvolenou technologii.  
Zpracovat návrh výroby součásti doložený technologickými a kontrolními výpočty.  
Zhotovit výkres nástroje s vyhotovením výkresů vybraných dílů.  
Navrhnout a popsat tvářecí nástroj.

### Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 3. Brno: CERM, 2013. ISBN 978-80-214-3425-7.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.

TSCHAETSCH, Heinz. Metal Forming Practise: Process - Machines - Tools. 1. Springer Berlin Heidelberg, New York, 2006. ISBN 3-540-33216-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

SLAVÍK Tomáš: VÝROBA VODÍČÍHO DISKU

---

Bakalářská práce je zaměřena na návrh výroby vodícího disku z plechu DC01 o tloušťce 3 mm. Výrobní série je stanovena na 100 000 kusů ročně. Vzhledem k požadované přesnosti a velikosti série bylo zvoleno, že se vodící disk bude zhotovovat metodou přesného stříhání s tlačnou hranou. Polotovarem, ze kterého se výstřížek bude zhotovovat, byl vzhledem k procentuálnímu využití materiálu a k velikosti série zvolen svitek plechu. Na výrobu bude celkem potřeba 24 svitků s délkou 308 m a dále jeden neúplný svitek s délkou 132 m. Celková síla vyšla  $F_c = 887,3$  kN. Vzhledem k této síle, rozměrům plechu a půdorysné ploše nástroje byl na výrobu součásti zvolen trojčinný hydraulický lis FEINTOOL XFT 1500speed. Posledním krokem byla kontrola, zda je velikost dané série zisková, nebo ztrátová. Bylo vypočítáno, že výroba se stává ziskovou při výrobě 49 554 ks. Vzhledem k velikosti dané série je tedy možné konstatovat, že výroba bude výdělečná.

### **Klíčová slova:**

materiál DC01, přesné stříhání, vodící disk, svitek, trojčinný hydraulický lis

## **ABSTRACT**

SLAVÍK Tomáš: PRODUCTION OF GUIDE DISC

---

The bachelor's thesis is focused on the design of the production of a guide disk made of sheet metal DC01 with a thickness of 3 mm. The production series is set to 100 000 pieces per year. Due to the required accuracy and size of the series, it was chosen that the guide disk will be made by the method of fine blanking. A coil of sheet metal has been chosen as the semi-finished product due to percentile of material usage and size of the series. For production will be needed a total of 24 coils of sheet with length of 308 m and one incomplete coil with a length of 132 m. The total force was calculated as  $F_c = 887,3$  kN. Due to this strength, dimensions of the sheet and floor area of the tool, a triple-acting hydraulic press FEINTOOL XFT 1500speed was chosen for the production of the part. The last step was to check whether the size of the series is profitable or lossful. It was calculated that production becomes profitable at 49 554 pieces. Due to the size of the series, it can be stated that the production will be profitable.

### **Keywords:**

material DC01, fine blanking, guide disc, coil, triple – action hydraulic press

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SLAVÍK, Tomáš. *Výroba vodícího disku* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132766>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Michaela Císařová.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Mysletíně dne 17.05.2021

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji paní Ing. Michaela Císařové Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mě během studia podporovala.

# Obsah

Zadání

Abstrakt

Bibliografické citace

Čestné prohlášení

Poděkování

<b>ÚVOD</b>	9
<b>1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI</b>	9
1.1 Možné způsoby výroby	11
<b>2 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ</b>	13
2.1 Metody přesného střihání	13
2.2 Tlačná hrana	15
2.3 Střížná síla a střížná práce	17
2.4 Střížná plocha u přesného střihání	18
2.5 Střížná vůle	20
2.6 Konstrukce střížných nástrojů	20
2.7 Funkční části střížného nástroje	21
2.8 Technologičnost konstrukce	23
2.9 Nástřihový plán	25
2.10 Závady při přesném střihání	27
<b>3 NÁVRH ŘEŠENÍ</b>	28
3.1 Řešení nástřihového plánu	29
3.2 Výpočet tlačné hrany	31
3.3 Výpočet střížné vůle, střížné síly a střížné práce	32
3.4 Funkční rozměry střížníku a střížnice	33
3.5 Pevnostní kontrola střížníku a střížnice	35
3.6 Volba stroje	36
3.7 Popis střížného nástroje	37
<b>4 TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b>	39
4.1 Technické zhodnocení	39
4.2 Ekonomické zhodnocení	39
<b>5 ZÁVĚRY</b>	42

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů



## ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5]

Technologie tváření je výrobní proces, při kterém dochází k deformaci výrobku do požadovaného tvaru. Výhodou této technologie je, že při ní nevzniká téměř žádný odpad a je velmi produktivní. Nevýhodou je vyšší cena nástrojů a také to, že při větším počtu tvářecích operací je potřeba provést mezioperační žíhání z důvodu vyčerpání plasticity materiálu.

Tato technologie se dělí na tváření plošné a objemové. U plošného tváření probíhají deformace ve dvou osách a nedochází k výrazné změně tloušťky a profilu polotovaru. Tento druh tváření probíhá převážně za studena a polotovarem mohou být svitky nebo tabule plechu. U objemového tváření probíhá deformace ve třech osách a dochází ke změně tloušťky a profilu polotovaru. Toto tváření probíhá jak za tepla (OTT), tak i za studena (OTS) a polotovarem může být například sochor nebo brama.

Tváření za studena znamená, že tváření probíhá pod rekrystalizační teplotou (teplota tváření je pod hodnotou 30 % teploty tavení daného materiálu), při tváření na této teplotě dochází ke zpevnění materiálu. Zpevněním se zvyšuje hodnota meze kluzu a pevnosti a klesá tažnost. Tváření za tepla znamená, že tváření probíhá nad rekrystalizační teplotou (teplota tváření je nad 70 % teploty tavení daného materiálu). Při tváření na této teplotě nedochází ke zpevnění materiálu, díky čemuž se zvětšuje tažnost a potřebné tvářecí síly jsou až 10x menší než u tváření za studena. Nevýhodou je, že při tváření za tepla vznikají okuje, což zhoršuje kvalitu povrchu.

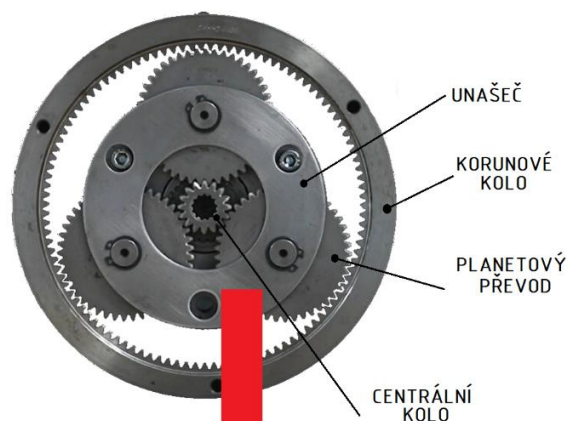
Mezi nejběžnější druhy objemového tváření patří kování (volné, zápustkové), které probíhá za tepla. Dále protlačování (dopředné, zpětné, stranové) a pýchování. Tyto dvě metody probíhají za studena. Mezi nejběžnější metody plošného tváření (obr. 1) patří stříhání, ohýbání a tažení.



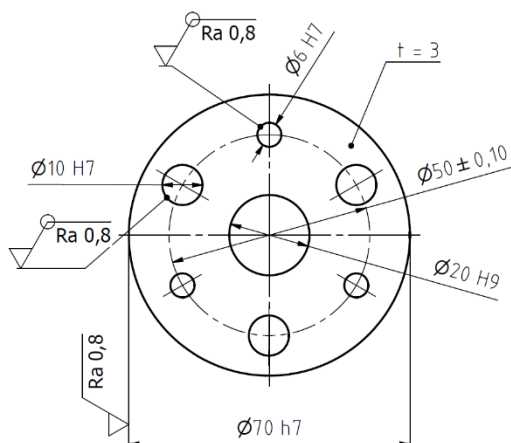
Obr. 1 Součásti vyráběné plošným tvářením [2], [4], [5]

## 1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI [6], [7], [8]

Zadaná součást je vodící disk (obr. 3). Tento disk se nachází v planetovém soukolí (obr. 2) v automatické převodovce a konkrétně to je část sestavy planetového unašeče, který v soukolí drží pohromadě planetové převody. Tato součástka má kruhový průřez o  $\varnothing 70$  mm s přesností IT7. Na disku se vyskytuje šest otvorů, které jsou rozmístěny na roztečné kružnici o  $\varnothing 50$  mm. Tři z těchto otvorů mají  $\varnothing 10$  mm a další tři mají  $\varnothing 6$  mm, ve středu disku se poté vyskytuje ještě jeden větší otvor o  $\varnothing 20$  mm. Na otvorech o  $\varnothing 10$  mm a  $\varnothing 6$  mm je vyžadována přesnost IT7 (obr. 4). Velikost série je plánována na 100 000 ks/rok z plechu jakosti DC01 o tloušťce 3 mm. Mechanické vlastnosti daného materiálu lze nalézt v tabulce 1 a chemické složení lze nalézt v tabulce 2.



Obr. 2 Planetové soukolí [8]



Obr. 4 Výkres výstřižku



Obr. 3 Model výstřižku

Tab. 1 Mechanické vlastnosti materiálu DC01 [6]

Značka oceli dle EN	Mechanické vlastnosti		
	Dolní mez kluzu – Re [MPa]	Horní mez pevnosti - Rm [MPa]	Tažnost - A [min. %]
DC01	280	410	28

Tab. 2 Chemické složení prvků v DC01 [7]

Značka oceli dle EN	Chemické složení			
	C <sub>max</sub>	Mn <sub>max</sub>	P	S
DC01	0,12	0,6	0,045	0,045

## 1.1 Možné způsoby výroby [1], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]

Vyráběnou součástku lze zhotovit různými způsoby výroby. Při volbě optimální technologie je nutné brát ohled na požadovanou přesnost a drsnost povrchu. Dalším faktorem, který tuto volbu ovlivňuje je velikost série a nežádoucí účinky dané technologie na mechanické vlastnosti materiálu. Vzhledem k rovinné ploše vodícího disku patří mezi možné způsoby výroby:

- Řezání vodním paprskem (obr. 5) je nekonvenční metoda obrábění. Podstatou této metody je stlačení vody a přidání abrazivního materiálu. Tato směs se následně prožene tryskou o světlosti jeden milimetr. Řezání probíhá ve dvou etapách. V první vzniká kvůli tlaku prohlubeň, která se následně mění v otvor.

Ve druhé etapě se tento otvor prohlubuje a vytváří řeznou spáru. Mezi výhody této metody patří to, že při řezání nedochází k tepelnému namáhání a k vnitřnímu napětí. Výsledný řez je bez otřepů, ovšem pro výrobu vodícího disku je tato metoda nevhodná, protože by bylo nutné vynaložit velké pořizovací náklady za nový stroj. Dále při řezání vzniká kontakt řezného materiálu s vodou, což může vzhledem k charakteru materiálu DC01 zapříčinit vznik koroze. Dalším problémem je přesnost IT7 a drsnost povrchu  $Ra\ 0,8\ \mu m$ , tedy parametry, které nelze touto metodou vyrobit. Tato metoda se na výrobu součásti nehodí ani z hlediska velikosti série z důvodu časové náročnosti.



Obr. 5 Řezání vodním paprskem [10]

- Řezání plazmou (obr. 6) je nekonvenční metoda obrábění. Plazma je elektricky vodivý stav plynů, ve kterém je směs volných elektronů obsahující pozitivně nabitě ionty a neutrální atomy. Plyn v trysce je ionizován a zaostřen díky speciální konstrukci trysky. Mezi řezným materiálem a tryskou vznikne elektrický oblouk a materiál je následně paprskem plazmy postupně odtavován, odpařován a rozprašován. Tato metoda není vhodná pro výrobu dané součásti vzhledem k velkým pořizovacím nákladům a kvůli vzniku tepelně ovlivněné oblasti, která by mohla zapříčinit změnu mechanických vlastností. Dalším problémem je předepsaná drsnost povrchu  $Ra\ 0,8\ \mu m$  a přesnost IT7, tedy parametry, které nelze touto metodou zhotovit. Problémem je i daná velikost série, která je pro tuto metodu ekonomicky nevhodná.



Obr. 6 Řezání plazmou [12]



- Řezání laserem (obr. 7) je nekonvenční metoda obrábění. Podstatou této metody je odebrání materiálu pomocí účinku úzkého paprsku silného monochromatického světla, který je přesně zaostřen v laserové řezací hlavě. V místě dopadu se energie světelného záření mění na energii tepelnou s velmi vysokou hustotou energie. Vysoká hustota má za následek rychlé zahřátí, roztavení a částečné nebo úplné odpaření materiálu. Obrisy jsou hladké a bez otřepů, ovšem pro výrobu disku je tato technologie nevhodná kvůli vzniku tepelně ovlivněné oblasti, která by měla negativní vliv na mechanické vlastnosti materiálu. Další nevýhodou jsou velké provozní náklady, kvůli kterým se tato technologie nehodí pro tak velké série.



Obr. 7 Řezání laserem [15]

- Postupové stříhání (obr. 8) je konvenční metoda. Podstatou této metody je oddělování materiálu pomocí protilehlých břitů nebo střížných hran nástrojů. Stříhání je jedinou metodou tváření za studena, při které dochází k porušení materiálu. Výhodou postupového stříhání je velká produktivita, která je pro výrobu vodícího disku vyžadována, a také to, že nedochází ke vzniku tepelně ovlivněné oblasti. Tato technologie ale není vhodná pro výrobu dané součástky vzhledem k tomu, že je na obrysu součásti a na otvorech požadována vysoká přesnost a kvalita povrchu, kterou nelze touto metodou zhotovit.



Obr. 8 Nástroj pro postupové stříhání [16]

- Přesné stříhání (obr. 9) je podobné postupovému. Rozdíl je ovšem v tom, že při přesném stříhání vzniká trojosá tlaková napjatost, což má za následek zlepšení kvality povrchu a také zlepšení přesnosti, díky čemuž je vodící disk touto metodou vyrobitelný. Přesné stříhání se využívá ve velkosériové výrobě, tudíž i z tohoto hlediska je tato metoda pro výrobu vodícího disku vyhovující. Nevýhodou přesného stříhání oproti postupovému je dražší výroba nástroje a vyšší spotřeba materiálu.



Obr. 9 Nástroj pro přesné stříhání [17]

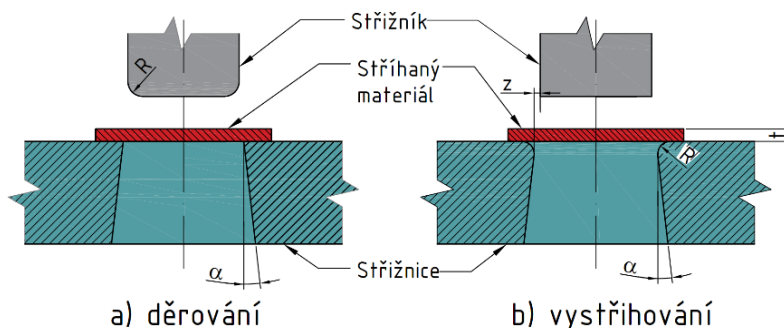
S ohledem na velikost série, mechanické vlastnosti, požadovanou přesnost a drsnost povrchu se jeví jako nejlepší metoda technologie přesného stříhání. Na tuto technologii bude tedy zaměřena teoretická a praktická část práce.

## 2 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ [1], [21]

Střížné operace představují jednu z nejrozšířenějších operací ve strojírenské výrobě. Přesné stříhání je souhrn metod, ve kterých se stříhají pásy plechu ve stříhadlech. Tyto metody jsou využívány ve velkých sériích, jelikož jsou z ekonomického hlediska výhodné pouze při výrobě nad 40 000 kusů, a to hlavně z důvodu drahé výroby nástroje, která vyžaduje velmi velkou přesnost. K přesnému stříhání se hodí součásti, na které jsou kladeny vyšší nároky na kvalitu a přesnost střížné plochy. Technologii přesného stříhání lze dosáhnout přesnosti IT9 až IT6 a drsnosti povrchu Ra 1,6 až Ra 0,4  $\mu\text{m}$ .

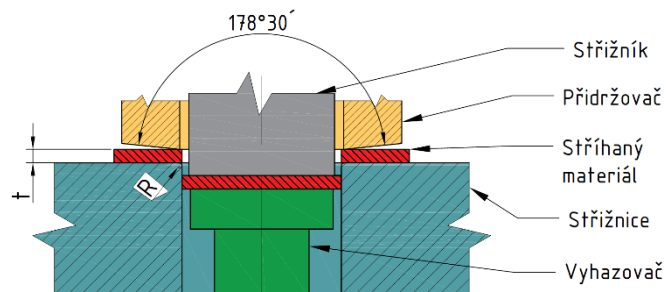
### 2.1 Metody přesného stříhání [1], [19], [21], [22], [23], [24], [28], [30], [31]

- Stříhání se zaoblenou střížnou hranou je metoda, při které dochází k zabránění vzniku střížné trhliny ve stříhaném materiálu pomocí zaoblení na střížníku nebo na střížnici. Vlivem tohoto zaoblení vzniká efekt částečného dopředného protlačování, kde střížník protlačuje materiál do střížnice, o kterou se materiál ustříhne, a následně proběhne kalibrace střížné plochy, čímž se zlepší její kvalita. Toto zaoblení se nachází na střížníku, jedná-li se o děrování otvorů ve výstřížku (obr. 10 a),

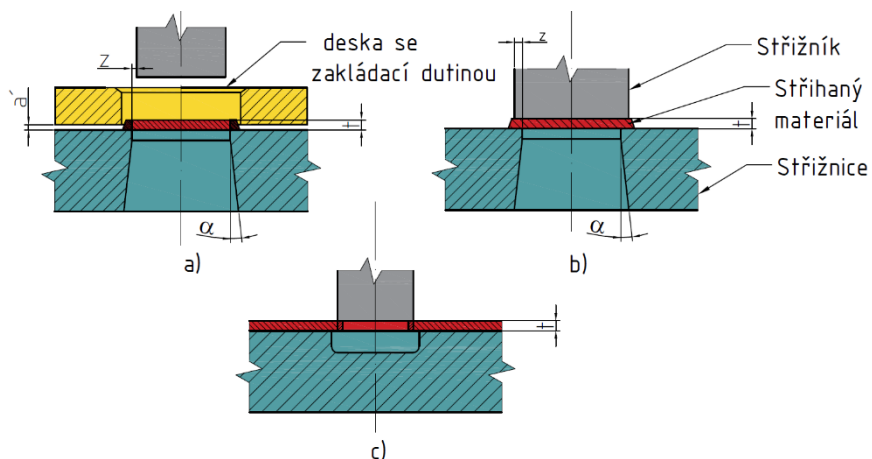


anebo na střížnici, jedná-li se o vystřihování obrysu výstřížku (obr. 10 b). U této metody je menší střížná vůle, jelikož čím je střížná vůle menší, tím větší vliv zaoblení na jakost střížné plochy má. Doporučená velikost zaoblení střížné hrany je  $R = (0,15 - 0,20) \cdot t$ , kde  $t$  je tloušťka stříhaného plechu. Velikost střížné síly je asi o 15 % větší než při běžném vystřihování. Tato metoda je vhodná pro výrobu součástí s jednoduchým tvarem, dosažitelná přesnost výstřížku se pohybuje v rozmezí IT9 až IT11 a drsnost plochy odpovídá hodnotě Ra 0,4 až 1,6  $\mu\text{m}$ . Nevýhodou této metody je nadměrné opotřebení zaoblených hran a menší přesnost při porovnání s ostatními metodami přesného stříhání.

- Stříhání se zkoseným přidržovačem je metoda, kde zkosený přidržovač při stříhání vyvozuje dvojsoý stav napjatosti (obr. 11). Vrcholový úhel přidržovače je  $178^\circ 30'$  a střížná hrana má zaoblení  $R \leq 0,01 \text{ mm}$ . Tato metoda přesného stříhání je velmi málo používána kvůli nadměrnému opotřebení přidržovače.



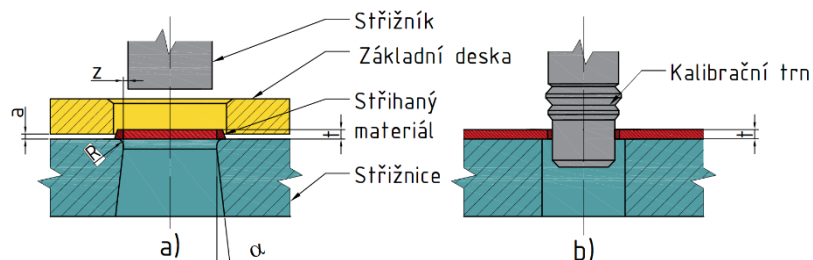
- Přistřihování je metoda, při které se používají dva nástroje. V prvním kroku se vystřihne součástka klasickým způsobem stříhání s přídavkem na ostřížení. U děrování je tento přídavek do mínusu, u vystřihování do plusu. Ve druhém kroku se použije druhý nástroj, ve kterém se ostříhne tříska přídavku. Obvykle se používá pouze jedna přistřihovací operace, ale u tlustších plechů se těchto operací může uskutečnit více. Přistřihovat by se mělo ve stejném směru, jako bylo předchozí stříhání, kvůli hrozbě předčasného oddělení odstřížku. Dosahovaná přesnost součásti je IT6 až IT9. Při přistřihování vnějších obrysů se rozlišuje přistřihování s kladnou a zápornou vůlí. U přistřihování vnějších obrysů s kladnou vůlí (obr. 12a) je



Obr. 12 Schéma přistřihování [19]

- je v konstrukci nástroje deska se zakládací dutinou, která slouží ke středění výstřížku. Mezi touto deskou a střížnicí musí být určitá vzdálenost  $a'$ , která umožňuje odchod třísky do tohoto prostoru. Střížnice má v horní části rozměry budoucího výstřížku a následně je kuželovitě rozšířena. U přistřihování vnějších obrysů se zápornou vůlí (obr. 12 b) bývá rozměr střížníku o 0,1 až 0,5 mm větší než rozměr střížnice. Při přistřihování se střížník přibližuje střížnici, ale nesmí na ní dosednout. Minimální vzdálenost, na kterou se smí přiblížit, je 0,2 až 0,4 mm, tudíž dojde jen k částečnému přistřihnutí a k úplnému dojde až při přistřihování dalšího přistřížku. Přistřihování otvoru (obr. 12 c) se využívá za účelem zlepšení přesnosti a jakosti povrchu děr, které byly děrovány (popřípadě vrtány) v první operaci. Tato metoda se nevyužívá v sériové výrobě vzhledem k větší časové náročnosti.

- Kalibrování je možné provádět na vnějších i vnitřních obrysech součástí. Postup při kalibrování vnějších obrysů (obr. 13 a) je takový, že střížník protlačí materiál přes střížnici, která má zaoblené hrany. Kalibrovaná součást musí mít přídavek na kalibrování v rozmezí od 0,15 až do 0,40 mm. Poloměr zaoblení střížnice je závislý na tloušťce plechu a je v rozsahu od 0,5 až do 1,5 mm. Při kalibrování je potřeba brát zřetel i na odpružení, které bývá 0,02 až 0,06 % příslušného rozměru.

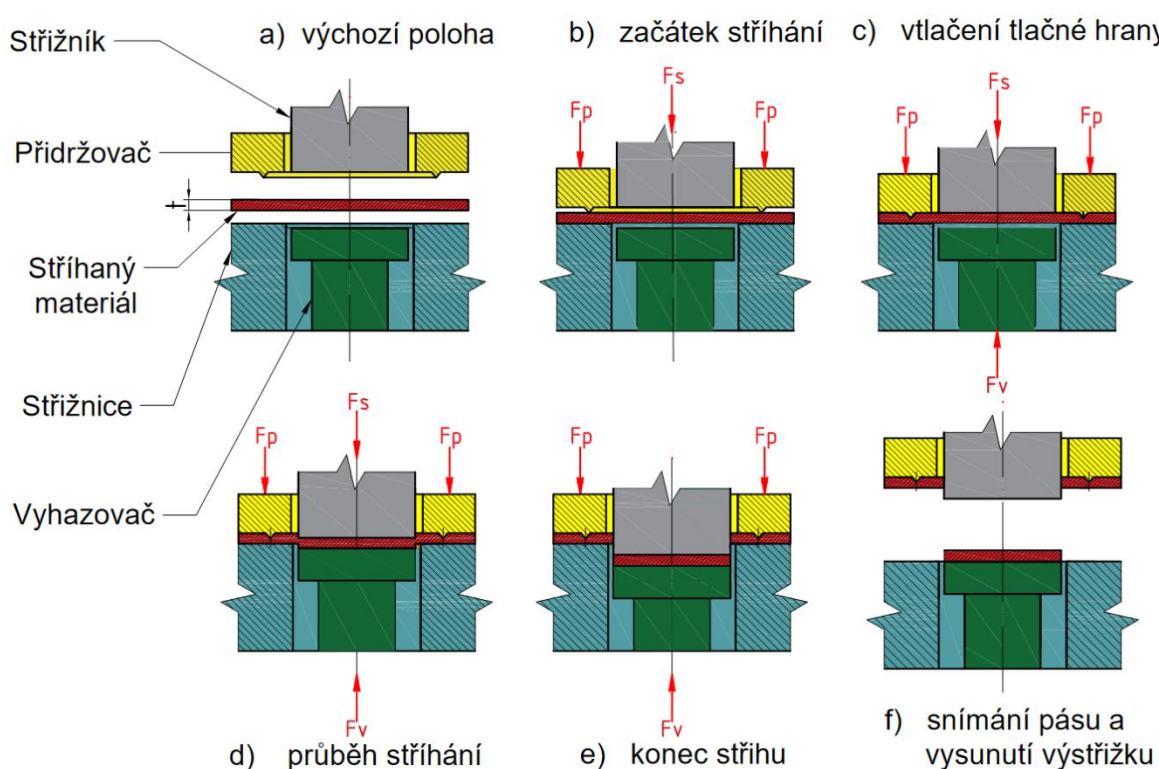


Obr. 13 Schéma kalibrování [19]

- Vnitřní obrysy se kalibrují pomocí kalibrovacího trnu (obr. 13 b). Tento trn má jednu nebo více ploch o šířce 1 až 3 mm se zkosením  $5^\circ$ . Kvalita otvoru se zlepšuje se zvětšující se vzdáleností otvoru od okraje plechu. Nevýhodou je menší přesnost, která je u vnějších obrysů způsobena odpružením a u vnitřních obrysů nepatrným rozšířením okrajů otvorů.



- Přesné stříhání s tlačnou hranou je metoda, jejíž princip (obr. 14) je takový, že v počáteční fázi je materiál sevřen mezi přidržovač a střižnici, tlačná hrana se vtláčí do plechu ještě před vlastním stříhem, kdy vyvolá vznik tlakového napětí. Další důležitou součástí nástroje je vyhazovač, který podepírá materiál a vytváří další tlakové napětí, jelikož svírá materiál se střižníkem. Při stříhání touto metodou tedy vzniká trojosé tlakové napětí, díky kterému vznikne všestranný tlak, který podporuje průběh čistě plastického stříhu a zamezuje vzniku trhlin. Výhodou této metody je vysoká produktivita, velká přesnost pohybující se v rozmezí od IT9 až do IT6 a drsnost povrchu pohybující se v rozmezí od  $Ra\ 1,6$  až do  $Ra\ 0,4\ \mu m$ . Nevýhodou této metody je vysoká pořizovací cena nástroje, potřeba trojčinného stroje a větší spotřeba materiálu v porovnání s klasickým stříháním, jelikož je nutné počítat s větší šířkou plechu kvůli místu potřebnému k umístění tlačné hrany.



Obr. 14 Průběh přesného stříhání s tlačnou hranou [21]

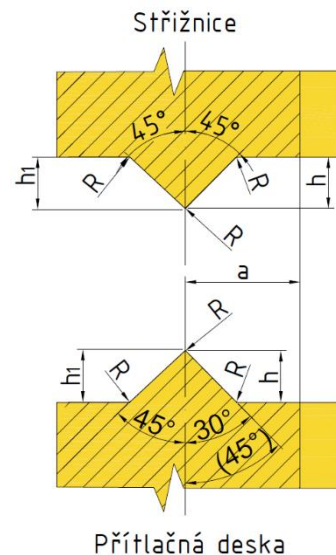
## 2.2 Tlačná hrana [1], [21], [23], [24], [28], [32]

Tlačná hrana je velmi důležitým činitelem, která se, jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, vtláčuje do materiálu ještě před samotným stříhem za účelem vzniku trojosé tlakové napjatosti. Při stříhání plechu do  $t = 4\text{ mm}$  se používá jedna tlačná hrana, která se většinou zhotovuje na přitlačné desce. Jestliže je tloušťka plechu větší, používají se dvě tlačné hrany na přitlačné desce a střižnici za účelem zmenšení zaoblení na výstřižcích. Její geometrie (obr. 15) je závislá na tloušťce plechu a jeho mechanických vlastnostech. Rozměry tlačné hrany lze získat výpočtem nebo podle tabulky 3.

## Rozměry:

Tab. 3 Tabulka hodnot pro tlačnou hranu [24]

Tloušťka materiálu	a	h	h <sub>1</sub>	R
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,30	0,05
1	0,7	0,30	0,35	0,06
1,2	0,8	0,30	0,35	0,06
1,5	1	0,35	0,40	0,07
1,8	1,2	0,40	0,45	0,08
2	1,4	0,40	0,45	0,08
2,2	1,5	0,40	0,45	0,08
2,5	1,75	0,40	0,45	0,08
3	2,1	0,45	0,50	0,09
3,5	2,5	0,45	0,50	0,09
4	2,8	0,50	0,55	0,1
4,5	3,2	0,50	0,55	0,1
5	3,7	0,55	0,60	0,11



Obr. 15 Tvar tlačné hrany [24]

Výšku tlačné hrany h pro málo tvárné materiály lze stanovit dle vztahu:

$$h = \frac{1}{6} \cdot t \text{ [mm]}, \quad (2.1)$$

kde: t – tloušťka plechu materiálu [mm].

Pro tvárné materiály pak:

$$h = \frac{1}{3} \cdot t \text{ [mm]}. \quad (2.2)$$

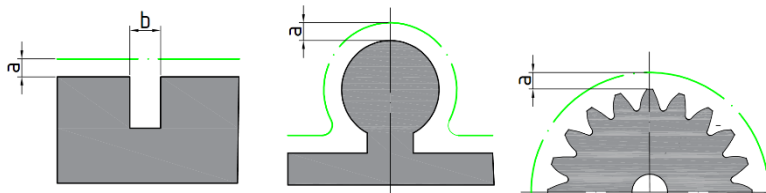
Vzdálenost tlačné hrany od okraje výstřižku je dána vztahem:

$$a = (0,6 \div 1,2) \cdot h \text{ [mm]}. \quad (2.3)$$

Výška odlehčení za tlačnou hranou je dána vztahem:

$$h_1 = h + 0,05 \text{ [mm]}. \quad (2.4)$$

Ideální tlačná hrana by byla taková, která by měnila tvar a velikost podél křivky stříhu. To však není vždy proveditelné, například u jemného ozubení nebo pro zářezy, které mají šířku  $b \leq 15 \cdot h$ . Řešení tedy spočívá ve zvolení vhodné vzdálenosti tlačné hrany od střížné křivky (obr. 16). Pokud bude tlačná hrana umístěna příliš blízko, může dojít k předčasnému stříhu, což by mělo za následek zeslabení účinku tlačné hrany. Čím větší tato vzdálenost bude, tím se zvýší ekonomické náklady z důvodu zvětšující se spotřeby materiálu a také by došlo ke zvětšení síly, která je potřebná k zatlačení tlačné hrany do materiálu.

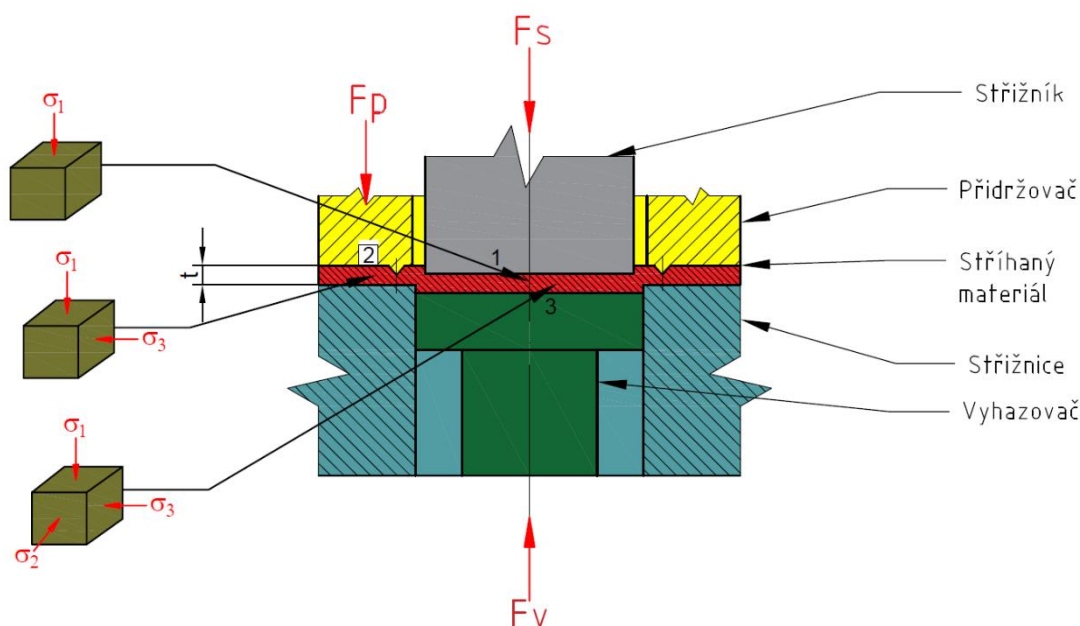


Obr. 16 Poloha tlačné hrany [28]



## 2.3 Střížná síla a střížná práce [1], [21], [23], [24], [34]

Velikost síly, která působí při přesném stříhání s tlačnou hranou, je ovlivněna tvarem součásti, druhem a tloušťkou stříhaného materiálu. Celková síla se skládá ze tří složek (obr. 17). První složkou je síla od střížníku ( $F_s$ ), která je vyvozena samotným stříhem a vytváří první tlakové napětí. Druhou složkou je síla od přitlačné desky ( $F_p$ ), která je vyvozena z důvodu dostatečného zatlačení tlačné hrany do materiálu. Dále způsobuje sevření materiálu mezi přitlačnou deskou a střížnicí, čímž se vytvoří druhé tlakové napětí. Třetí složkou je síla od vyhazovače ( $F_v$ ), která působí proti střížné síle, díky čemuž je materiál sevřen mezi střížník a vyhazovač, což má za následek vznik třetího tlakového napětí.



Obr. 17 Průběh napětí a sil u přesného stříhání s tlačnou hranou [1]

Jak již bylo zmíněno, celková síla pro přesné stříhání je dána třemi složkami:

- První složkou je střížní síla  $F_s$ , která vykonává vlastní střížnou práci a je dána vztahem:

$$F_s = n \cdot \tau_{ps} \cdot S = n \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot L_c \cdot t \text{ [N]}, \quad (2.5)$$

kde:  $n$  – součinitel otupění [-],  
 $\tau_{ps}$  – pevnost ve stříhu [MPa],  
 $S$  – střížná plocha [mm<sup>2</sup>],  
 $R_m$  – mez pevnosti v tahu [MPa],  
 $L_c$  – délka křivky stříhu [mm].

- Druhou složkou je síla od přitlačné desky  $F_p$ , která způsobuje zatlačení tlačné hrany do stříhaného materiálu, svírá materiál vně křivky stříhu a je dána vztahem:

$$F_p = k \cdot L_n \cdot h = 4 \cdot R_m \cdot L_n \cdot h \text{ [N]}, \quad (2.6)$$

kde:  $k$  – odpor materiálu proti vtlačení tlačné hrany [MPa],  
 $L_n$  – délka tlačné hrany [mm].

- Poslední složkou je síla od vyhazovače  $F_v$ , která vyvozuje tlak proti střížné síle  $F_s$  a spolu s ní svírá materiál uvnitř stříhu, tato síla je dána vztahem:

$$F_v = S_v \cdot p \text{ [N]}, \quad (2.7)$$

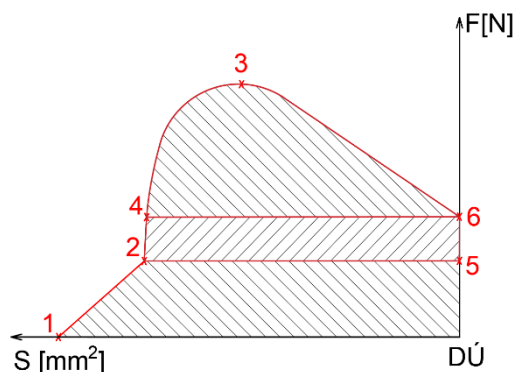
kde:  $S_v$  – plocha výstřižku [mm<sup>2</sup>],  
 $p$  – měrný tlak [MPa] (volí se  $p = 30 \div 70$  MPa).

- Celková síla je následně dána vztahem:

$$\mathbf{F}_c = \mathbf{F}_v + \mathbf{F}_s + \mathbf{F}_p \text{ [N]}. \quad (2.8)$$

## Střižná práce:

Velikost vynaložené práce při přesném střihání je 2 až 3,5krát větší než velikost práce u běžného střihání, a to kvůli práci, kterou je potřeba vynaložit k překonání síly vyhazovače, a kvůli práci, která bude potřebná k zatlačení tlačené hrany do materiálu (obr. 18).



Spotřebovaná sřižná práce je určená plochou vyznačenou body 4–3–6–4. Plocha, která je vyznačená body 1–2–5–DŮ, odpovídá práci, kterou bude potřeba vynaložit k zatlačení tlačné hrany do materiálu. Body 2–4–6–5 je vyznačena oblast, která odpovídá práci, kterou bude potřeba vynaložit k překonání síly vyhazovače.

Obr. 18 Střižná práce u přesného stříhání [21]

Celková práce u přesného stříhání je rovněž dána třemi složkami:

- Strážná práce  $A_s$ , která je potřebná k prostřížení plechu, je dána vztahem:

$$A_s = \frac{0,48 \cdot L_c \cdot R_m \cdot t^2}{1000} [J]. \quad (2.9)$$

- Práce  $A_p$ , která je vynaložená k zatlačení tlačné hrany do materiálu, je dána vztahem:

$$A_p = \frac{2 \cdot R_m \cdot L_n \cdot h}{1000} \text{ [J]}. \quad (2.10)$$

- Práce  $A_v$ , která je vynaložená k překonání síly vyhazovače, je dána vztahem:

$$A_v = \frac{S_v \cdot t \cdot p}{1000} \text{ [J]}. \quad (2.11)$$

- Celková práce je následně dána vztahem:

$$\mathbf{A}_c = \mathbf{A}_v + \mathbf{A}_s + \mathbf{A}_p \quad [\text{J}]. \quad (2.12)$$

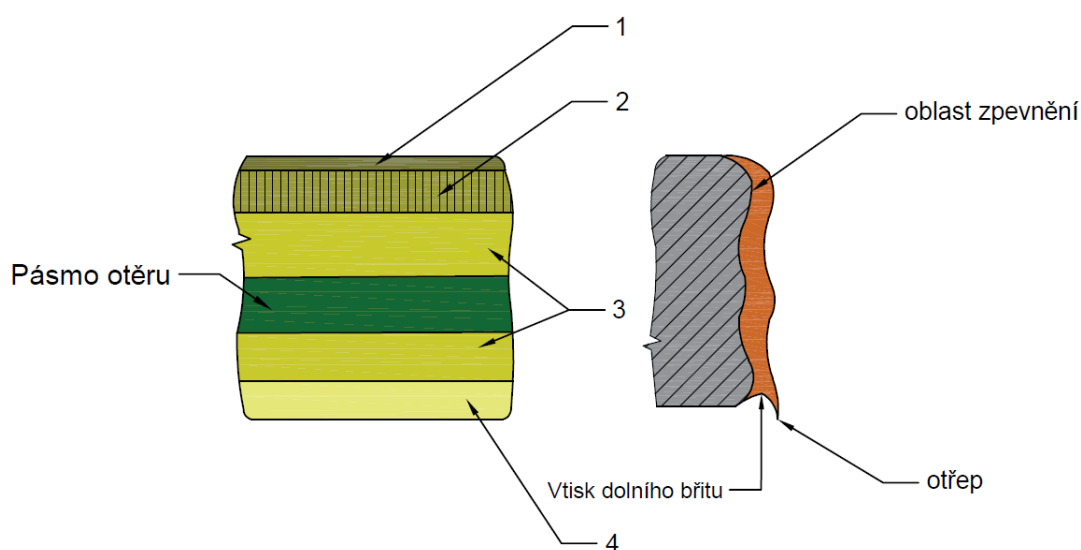
## 2.4 Strižná plocha u přesného strihání [20], [21], [22], [24], [25], [28], [35]

Při běžném stříhání působí na rovinu smykového napětí kladná normálová složka, která se podílí na rozevírání trhlin, což má za následek zhoršení kvality střížné plochy, která se u běžného stříhání skládá ze čtyř pásem (obr. 19). Dále na střížné ploše vzniká oblast zpevnění, která je zapříčiněna deformací stříhaného materiálu, a oblast otěru, která vzniká při průchodu střížníku materiálem.

Mezi pásma střížné plochy u běžného stříhání patří:

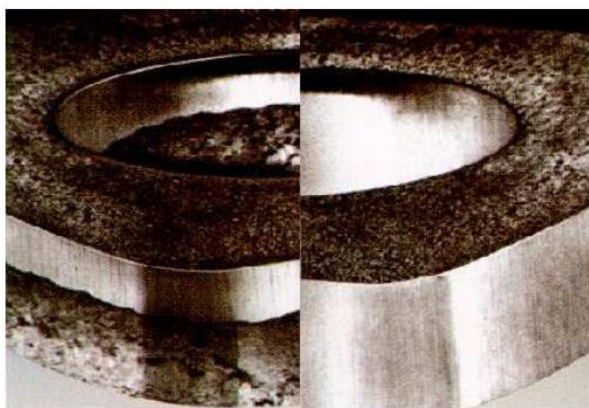
- 1 - pásmo zaoblení – toto pásmo vzniká v první fázi stříhání. V této oblasti je vyvolávající napětí menší než mez kluzu, je to tedy oblast pružných deformací. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu bývá obvykle 5 až 8 % tloušťky stříhaného materiálu.

- 2 - pásmo vlastního stříhu – toto pásmo vzniká ve druhé fázi stříhání a představuje oblast plastické deformace. Hloubka vniku střížníku se pohybuje mezi 10 až 25 % tloušťky stříhaného materiálu. V tomto pásmu vzniká čistý stříh.
- 3 - pásmo utržení – během této fáze přesáhne vyvolané napětí mez pevnosti ve stříhu, což vede k tvorbě trhlinek a k následnému oddělení součásti. Toto pásmo je nejrozšířenější a zvětšuje se tvrdostí a křehkostí materiálu. Hloubka vniku střížníku se pohybuje mezi 10 až 60 % tloušťky stříhaného materiálu.
- 4 - pásmo otláčení spodního nože – toto pásmo je ovlivněné vlastnostmi materiálu a velikostí střížné vůle. V tomto pásmu může dojít k otláčení hrany střížnice a k výskytu ostřin.

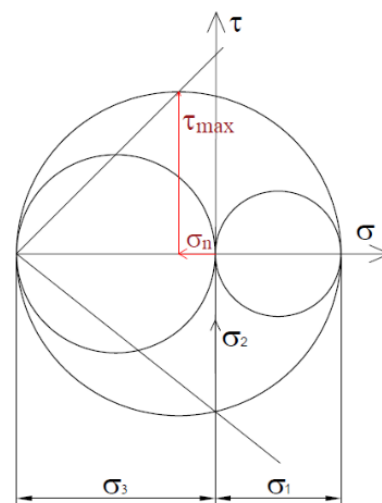


Obr. 19 Střížná plocha u běžného stříhání [20]

U přesného stříhání, jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, vzniká trojosá tlaková napjatost. Toto přídavné tlakové napětí  $\Delta\sigma_3$  má za následek vznik záporné složky normálového napětí  $\sigma_n$  (obr. 21), která se snaží vznikající trhliny ve směru  $\tau_{\max}$  uzavírat. Tudíž dojde k přesunu pásma plastického stříhu na celou tloušťku stříhaného materiálu a dojde k výraznému zlepšení kvality střížné plochy (obr. 20). Tlačná hrana dále brání vtažení materiálu do střížnice, takže brání vzniku pásma zaoblení, které bývá na vstupní hraně stříhaného materiálu.



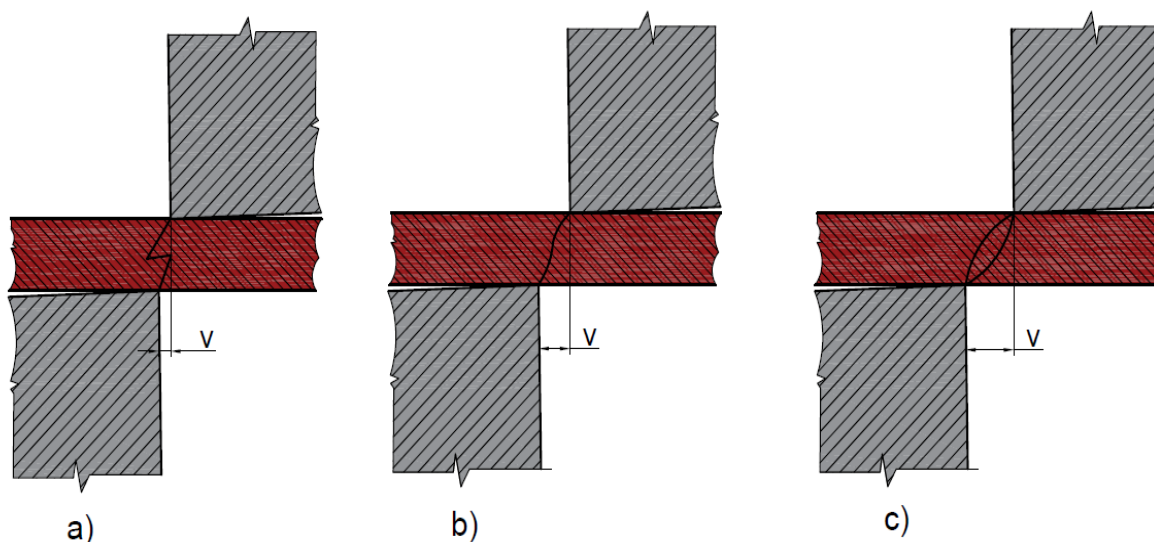
Obr. 20 Rozdíl v kvalitě střížné plochy [25]



Obr. 21 Mohrovy kružnice přesného stříhání [20]

## 2.5 Střížná vůle [1], [3], [18], [21], [23], [24], [27], [28], [38]

Střížná vůle je rozdíl mezi pracovní částí střížníku a střížnice. Jednostranný rozdíl se nazývá střížná mezera. Střížná vůle má vliv na směr smykového napětí, které způsobuje oddělení materiálu, čímž ovlivňuje kvalitu střížné plochy. Na její velikost mají vliv mechanické vlastnosti stříhaného materiálu a platí, že čím menší střížná vůle je, tím více se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží k čistému smyku. V praxi platí, že střížná mezera je přibližně 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu a také to, že velikost vůle u přesného stříhání je asi 10x menší než u běžného stříhání. Při správně zvolené vůli (obr. 22) se trhlínky od obou střížných prvků setkají a vytvoří na střížné ploše jednu plochu bez otřepů, ale při nesprávně zvolené velikosti se trhlínky míjejí a utvoří na střížné ploše nerovný povrch, což má za následek zhoršení její kvality. Velikost střížné vůle se zvětšuje na úkor střížníku nebo střížnice. Jestliže se jedná o vystřihování, vytváří se střížná vůle na úkor střížníku a u děrování na úkor střížnice.



Obr. 22 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy [18]  
(a – malá střížná vůle, b – optimální střížná vůle, c – velká střížná vůle)

Vztah pro výpočet střížné vůle v závislosti na střížné mezeře je:

$$v = 2 \cdot z \text{ [mm]}, \quad (2.13)$$

kde:  $z$  – střížná mezera [mm].

Výpočet střížné mezery pro plechy  $t \leq 3$  mm je dán vztahem:

$$z = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]}, \quad (2.14)$$

kde:  $c$  – součinitel závislý na druhu stříhání [mm],  
(pro přesné stříhání  $c = 7 \cdot 10^{-4}$ ).

Výpočet střížné mezery pro plechy  $t > 3$  mm je dán vztahem:

$$z = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]}. \quad (2.15)$$

## 2.6 Konstrukce střížných nástrojů [1], [21], [30], [32], [33]

Nástroj má, jak již bylo řečeno, čtyři základní funkční díly, které musí být sladěny tak, aby vytvářely požadované trojosé tlakové napětí.

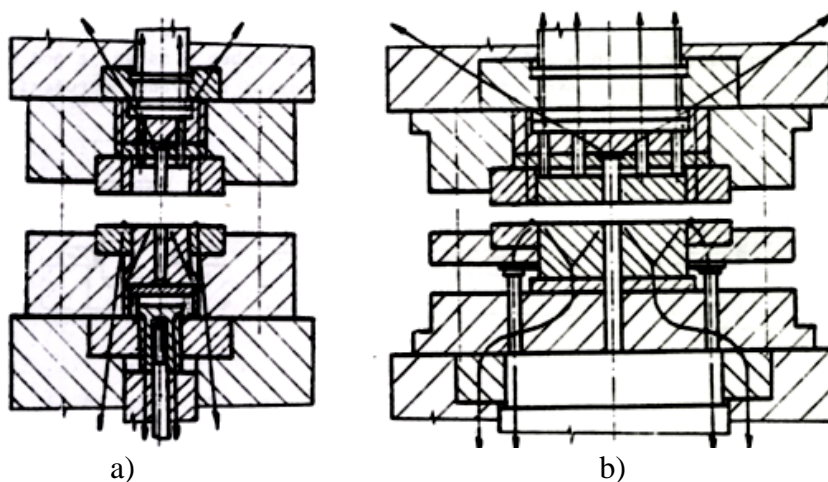
Nástroj lze rozdělit na dva typy konstrukce:

1) Nástroj s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem (obr. 23 b)

Tato konstrukce je využívána pro rozměrné, nesymetrické součásti a pro plechy s větší tloušťkou plechu než  $t = 5$  mm. Střížníky jsou zakotveny v upínací desce vodícího stojánu a jsou náchylné k vychýlení vlivem působení bočních sil. Lisovací síla, která působí na tlačnou desku z důvodu zatlačení tlačné hrany do materiálu a pro sevření materiálu mezi přidržovač a střížnici, se přenáší hydraulicky pomocí tlačných kolíků. Vyhazovač je rovněž ovládán hydraulicky a upínací deska vodícího stojánu přenáší sílu působící ve střížníku.

2) Nástroj s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou (obr. 23 a)

Tato konstrukce je velmi často využívána, a to u symetrických součástí menších rozměrů. Uspořádání spodní části je stejné jako v předcházející konstrukci, liší se však v tom, že přidržovač s tlačnou hranou je pevně vestavěn v upínací desce stojánu, kterou je přímo přenášena i síla potřebná k zatlačení tlačné hrany do materiálu. Střížná síla je pomocí hydraulického válce vyvozována na střížník, který je připevněn k beranu lisu, je pohyblivý a je dokonale veden v upínací desce stojánu, díky čemuž nedojde k vychýlení z důvodu působení bočních sil. Vyhazovač je pohyblivě uložen v horní části nástroje a jeho pracovní pohyb je vyvozen hydraulicky.



Obr. 23 Konstrukce nástroje [30]

## 2.7 Funkční části střížného nástroje [3], [21], [22], [28], [30], [32]

Střížné nástroje (obr. 24) se dělí do čtyř skupin. První skupinou jsou jednoduché střížné nástroje. Tento typ nástroje umožňuje vystříhnout součástku jedním zdvihem a používá se pro stříhání velmi jednoduchých součástí. Druhou skupinou jsou postupové střížné nástroje. Tento typ nástroje je nejvíce používán a součást se u tohoto typu stříhá postupně, nikoliv na jeden zdvih. Třetí skupinou jsou sloučené střížné nástroje. U tohoto typu je na jeden zdvih pomocí děrovacích a vystřihovacích operací zhotoven hotový výstřížek. Do čtvrté skupiny patří sdružené Obr. 24 Střížný nástroj [3] střížné nástroje. U tohoto typu je stříhání kombinováno s dalšími operacemi (nejčastěji ohýbání nebo ražení).



Při konstrukci funkčních částí nástroje je kladen velký důraz na správné ustavení a výrobní přesnost jednotlivých dílů. Jedná se zejména o konstrukci střížníku, střížnice, vyhazovače a přitlačné desky. Materiály jednotlivých částí střížného nástroje lze nalézt v tabulce 4.

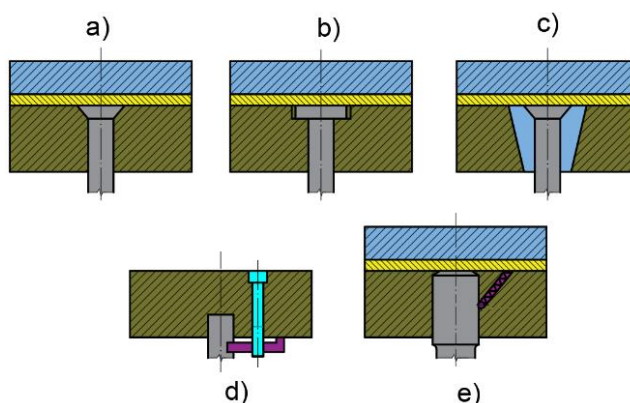


Tab. 4 Materiály částí střížného nástroje [21]

Součást	Materiál dle ČSN	Tepelné zpracování
Střížnice	19 436, 19 437	kaleno a popuštěno 61 až 63 HRC pro t = 0,4 až 3 mm 58 až 61 HRC pro t = 3 až 7 mm
Střížníky tvarové	M <sub>0</sub> 5 PK kovaná	kaleno a popuštěno 59 až 61 HRC
Střížníky kruhové	19 437	kaleno a popuštěno 59 až 61 HRC pro t = 0,4 až 3 mm 58 až 60 HRC pro t = 3 až 7 mm
Přidržovač	19 437	kaleno a popuštěno 55 až 57 HRC
Vyhazovač	19 436	kaleno a popuštěno 58 až 60 HRC
Tlačné a vyhazovací kolíky	19 421, 19 422	kaleno a popuštěno 59 až 61 HRC

Obrysový střížník pro přesné stříhání má uvnitř otvory a vybrání pro vyhazovače, je tedy namáhán více než při běžném stříhání. Při ustavení nástroje je nutné, aby v první fázi stříhání byl střížník ve stejné úrovni jako přidržovač nebo 0,2 mm pod ním. Pokud nebude tato podmínka splněna, zhorší se kvalita střížné plochy. Další podmínka je taková, že při poslední fázi stříhání se čelní plocha střížníku nesmí ponořit do otvoru střížnice kvůli opotřebení. Poslední podmínkou je, že střížné hrany střížníku musí být pečlivě vybroušeny.

Kotvení (upínání) střížníků může být buď pevné nebo upínání pro rychlé vyjmutí. Upínání pro rychlé vyjmutí se uplatňuje v případech, kde se předpokládá častá výměna střížníků. Nejjednodušší způsob pevného kotvení střížníků je pomocí roznýtování jeho horní části (obr. 25 a) nebo pomocí osazení (obr. 25 b). Dále je možné upnutí zalitím pryskyřicí (obr. 25 c). Upínání pro rychlé vyjmutí se konstruuje pomocí šroubu a upínky (obr. 25 d) nebo pomocí kuličky (obr. 25 e).



Obr. 25 Příklady ukotvení střížníku [30]

Během stříhu je střížník namáhán na vzpěr (vybočení). S rostoucí délkou střížníku se riziko toho, že k vybočení dojde, zvyšuje. Je tedy nutné spočítat kritickou délku střížníku, aby se tomu předešlo. Kontrola se provádí u střížníku s nejmenším průřezem, jestliže tento střížník nebude kritickou délkou ohrožen, nemusí se kontrolovat větší střížníky.

Kritická délka střížníku se vypočítá pomocí vztahu:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot d_k \cdot t \cdot \tau_{ps}}} [mm], \quad (2.16)$$

kde: E – modul pružnosti v tahu [MPa]  
(pro ocel  $E = 2,1 \cdot 10^5$  MPa),  
I – moment setrvačnosti [mm<sup>4</sup>],  
 $\mu$  – koeficient bezpečnosti (volí se 1,5 ÷ 2),  
 $d_k$  – průměr kontrolovaného střížníku [mm].

Dalším nežádoucím faktorem pro střížník je otláčení. Stejně jako při kontrole na vzpěr se na otláčení kontroluje střížník s nejmenším průřezem, aby kontrolovaný střížník vyhovoval, musí

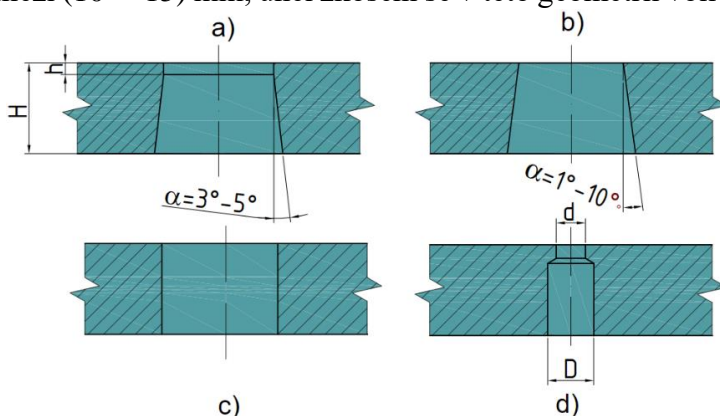
být napětí ( $\sigma$ ) menší než dovolená hranice napětí ( $\sigma_{dov}$ ). Pokud by došlo k překročení dovolené hodnoty, mohlo by dojít k promáčknutí upínací části střížníku.

Napětí působící na střížník se vypočítá pomocí vztahu:

$$\sigma = \frac{F_{sk}}{S_k} = \frac{n \cdot l_k \cdot t \cdot \tau_{ps}}{S_k} \leq \sigma_{dov} [MPa], \quad (2.17)$$

kde:  $l_k$  – obvod kontrolovaného střížníku [mm],  
 $S_k$  – plocha kontrolovaného střížníku [mm],  
 $F_{sk}$  – střížná síla kontrolovaného střížníku [mm],  
 $\sigma_{dov}$  – dovolené napětí v tlaku [MPa].

Střížnice má rozhodující vliv na to, jaký tvar a přesnost bude daný výstřížek mít. Mezi faktory, které ovlivňují jakost střížné plochy, patří geometrie otvoru střížnice. Pro velké série je nejpoužívanější střížnice s fazetou (obr. 26 a). Velikost  $h$  závisí na tloušťce plechu. Při stříhání velmi tenkého plechu ( $t = 0,1 \div 0,5$ ) mm se velikost  $h$  volí v rozmezí  $(3 \div 5)$  mm. Při stříhání plechu do 5 mm se velikost  $h$  volí v rozmezí  $(5 \div 10)$  mm. Při stříhání velmi tlustých plechů se velikost  $h$  volí v rozmezí  $(10 \div 15)$  mm, úhel zkosení se v této geometrii volí od  $3^\circ$  do  $5^\circ$ . Tato fazeta slouží k tomu, aby během přebušování střížnice nedocházelo ke zvětšování střížné vůle. Zkosená střížnice bez fazety (obr. 26 b) se využívá pro střední počty kusů a při vystřihování malých částí. Při stříhání rozměrných částí se využívá válcová geometrie otvoru střížnice (obr. 26 c). Výstřížek nebo odpad se u tohoto typu geometrie vrací pomocí vyhazovače zpátky nad střížnici. K děrování dřev, které mají menší průměr než 5 mm, se může použít střížnice s válcově vybraným tvarem (obr. 26 d). Dalším faktorem je opotřebení břitu střížnice, který se vlivem opotřebení zaoblí, což má za následek zhoršení střížné plochy a nárůst střížné síly.



Obr. 26 Geometrie střížnice [30]

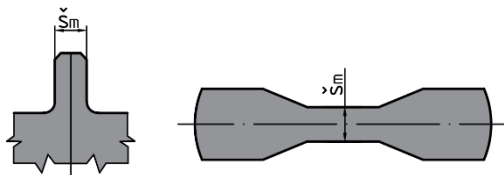
Nejběžnějším typem je střížnice celistvá, ale pokud má funkční otvor složitý tvar, používá se skládaná střížnice kvůli snadnější výrobě. Posledním typem je střížnice vložková, která se používá, když se na střížnici zhotovuje velké množství malých otvorů. Výhodou je, že z nástrojové oceli budou muset být vyrobeny pouze vložky, které jsou umístěny v těch místech, kde bude docházet k děrování otvorů, a vlastní tělo střížnice může být vyrobeno z konstrukční oceli, čímž se zlevní výroba.

## 2.8 Technologičnost konstrukce [1], [26], [32], [33]

Technologičnost konstrukce je pojem, který zahrnuje veškeré požadavky, které mají zajistit funkční způsobilost a požadovanou životnost při maximální hospodárnosti. Při nedodržení některého parametru může dojít ke zhoršení kvality střížné plochy, snížení životnosti funkčních částí nástroje a také k výrobě zmetků.

První podmínka технологиčnosti se týká konstrukčních prvků, které komplikují proces stříhání. Jsou to například vyčnívající části nebo štíhlé výstřížky. Šířka těchto prvků musí být minimálně  $s_m = 1,5 \cdot t$  (obr. 27). Dalším prvkem jsou ostré rohy, které se musí vyrábět ve dvou operacích (obr. 28), což má za následek zhoršení přesnosti výstřížků. Další podmínka, která se týká tvaru výstřížku, říká, že by všechny rohy měly být zaobleny nebo zkoseny, ale není správné na výstřížku střídat ostré a zaoblené hrany s rozdílnými velikostmi (obr. 29). Poslední

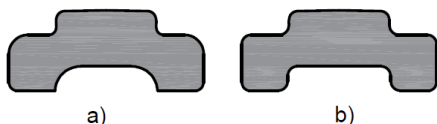
podmínkou je, aby přechody oblouků nebyly do přímých částí plynulé, a to kvůli zdražování nástroje (obr. 30).



Obr. 27 Minimální šířka u přesného stříhání [33]

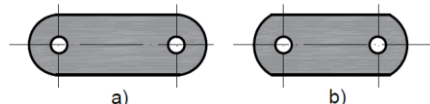


Obr. 28 Stříhání ostrých rohů [33]



Obr. 29 Zaoblení výstřižků [33]

a - nevhodná úprava (různé velikost zaoblení)  
b - vhodná úprava



Obr. 30 Přechody oblouků [33]

a - nevhodná úprava  
b - vhodná úprava

Dalším důležitým faktorem při přesném stříhání je materiál, z kterého se bude výstřižek zhotovovat. Na materiál jsou při přesném stříhání kladeny větší nároky než u postupového stříhání. Materiál musí být dokonale tvárný, aby kvůli neplynulému posuvu v oblasti smyku nedocházelo ke vzniku trhlin. U oceli je dalším faktorem chemické složení materiálu. Ideální chemické složení materiálu pro přesné stříhání je obsah uhlíku od 0,1 do 0,12 % a obsah fosforu a síry od 0,04 do 0,08 %. Dalším faktorem je mez pevnosti. Nejideálnější jsou oceli s mezí pevnosti od 400 do 600 MPa. Pokud má materiál příliš malou nebo velkou mez pevnosti, dojde ke zhoršení kvality střížné plochy. Vhodnost materiálu k přesnému stříhání je uvedena v tabulce 5.

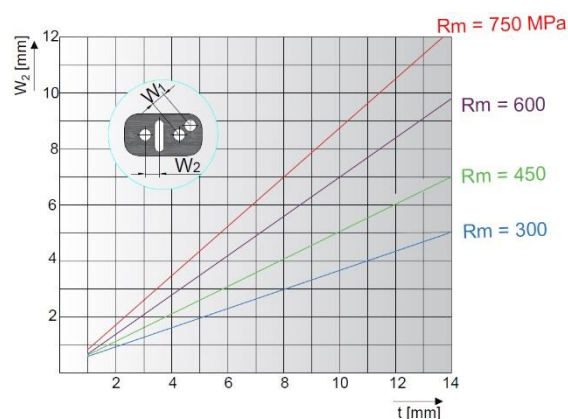
Tab. 5 Vhodnost materiálu pro přesné stříhání [1]

Označení materiálu	Vhodnost pro přesné stříhání
ČSN 11 300, 11 320, 11 330, 11 343, 11 373, 11 423, 11 425 12 010, 12 014, 12 020, 12 023, 12 024 ČSN 42 4214 (mosaz)	Velmi dobrá
ČSN 11 500, 11 600, 11 700, 16 720	Dobrá
Mb 63, Ms 60	Špatná
Ms 58 (ČSN 42 3223)	Nevhodná
Ms 63Pb (ČSN 42 3214)	Nehodí se
ČSN 12 040, 12 041, 12 050, 12 060, 12 061, 12 073, 12 081, 12 088, 13 180 14 109, 14 120, 14 180, 14 220, 14 221 14 260, 15 124, 15 130, 16 220, 16 221, 16 231, 16 420, 17 041, 17 240, 17 241, 17 246, 17 253, 19 103, 19 132, 19 140, 19 152, 19 191, 19 192, 19 221, 19 220, 19 525, 19 255, 19 312, 19 419, 19 452.	Opotřebení nástroje

Co se týče neželezných kovů, tak je vhodný například hliník a jeho slitiny do  $R_m = 300$  MPa, měď, mosaz, beryllium a jeho slitiny.



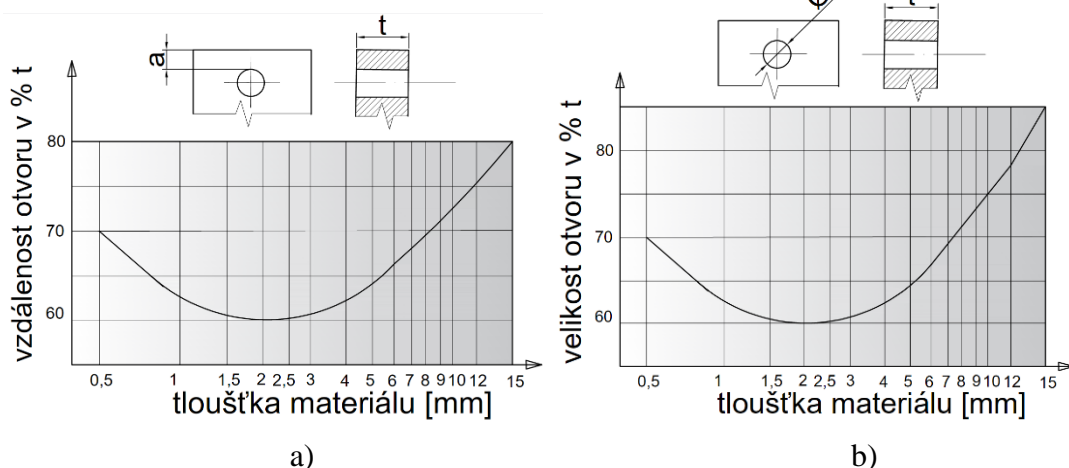
Poslední podmínkou technologičnosti je, aby byly otvory na výstřižku vyrobitelné. Bezpečné parametry otvorů se určují pomocí nomogramů. První parametr, který se kontroluje, je vzdálenost mezi otvory. Tato kontrola se provádí pomocí nomogramu (obr. 31). Princip je takový, že se z něj určí minimální dovolená vzdálenost mezi drážkou a otvorem  $W_2$  v závislosti na tloušťce a pevnosti stříhaného plechu a následně se z něj spočítá vzdálenost mezi otvory  $W_1$  pomocí vztahu:



Obr. 31 Minimální dovolená vzdálenost mezi otvory [1]

$$W_1 \geq 0,85 \cdot W_2 [\text{mm}]. \quad (2.18)$$

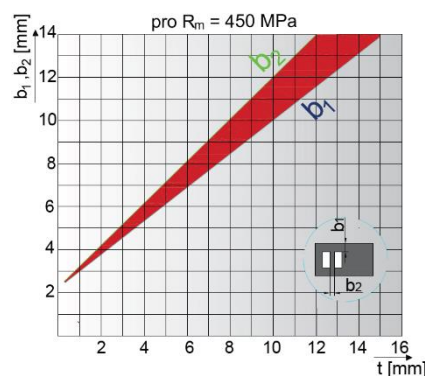
Dalším parametrem, který se u otvorů kontroluje, je jeho vzdálenost od okraje výstřižku. Minimální hodnota tohoto rozměru má procentuální závislost na tloušťce plechu. Tato závislost se odečítá z nomogramu (obr. 32 a). Poslední parametr, který se kontroluje, je velikost otvoru. Získávání minimální velikosti tohoto rozměru se provádí opět pomocí nomogramu (obr. 32 b), který má stejný princip jako předchozí.



Obr. 32 Minimální dovolená velikost otvorů a jejich vzdálenost od kraje [32]

## 2.9 Nástřihový plán [1], [3], [36]

Materiál tvoří velkou část nákladů, je tedy důležité, aby výstřižky měly na páse takové uspořádání, při němž vzniká nejmenší množství odpadu, a právě z tohoto důvodu se sestavují různé varianty nástřihových plánů (obr. 34) a následně se z nich určí ten, při němž vzniká odpadu nejméně. Ke splnění požadované přesnosti a kvality výstřižků se musí zachovat určitá minimální vzdálenost mezi rozmístěnými výstřižky na páse. Tato vzdálenost se u přesného stříhání značí  $b_2$ . Dále je potřeba zachovat určitou minimální vzdálenost mezi výstřižkem a okrajem plechu, tato vzdálenost se značí  $b_1$ .



Obr. 33 Minimální vzdálenosti výstřižků [1]  
 $b_1$  – vzdálenost mezi výstřižkem a okrajem plechu  
 $b_2$  – velikost můstku

U přesného stříhání jsou tyto vzdálenosti větší než u klasického stříhání kvůli potřebnému místu pro tlačnou hranu, což má za následek větší spotřebu materiálu. Minimální velikosti těchto rozměrů se určí pomocí nomogramu (obr. 33).

Dalšími řešenými parametry při tvorbě nástřihového plánu jsou šířka pásu ( $\check{s}$ ) a krok ( $K$ ), který udává velikost posuvu během stříhání. Tyto parametry se vypočítají následujícími vztahy:

$$K = B + b_2 \text{ [mm]}, \quad (2.19)$$

$$\check{s} = A_1 + 2 \cdot b_1 \text{ [mm]}, \quad (2.20)$$

kde:  $B$  – délka výstřižku [mm],

$A_1$  – šířka výstřižku [mm].

Výchozím polotovarem pro přesné stříhání může být buď svitek navinutý na buben nebo tabule plechu, která je stříhána na pásy. Volba výchozího polotovaru je závislá na výpočtu procentuálního využití materiálu, který se vypočítá pro všechny vybrané varianty.

Jestliže je výchozím materiálem tabule plechu, procentuální využití materiálu se vypočítá podle vztahu:

$$k_m = \frac{100 \cdot n_c \cdot S_o}{\check{s}_t \cdot l_t} [\%], \quad (2.21)$$

kde:  $\check{s}_t$  – šířka tabule [mm],

$l_t$  – délka tabule [mm],

$n_c$  – celkový počet výstřižků z jedné tabule [ks],

$S_o$  – plocha obrysu součásti [mm<sup>2</sup>].

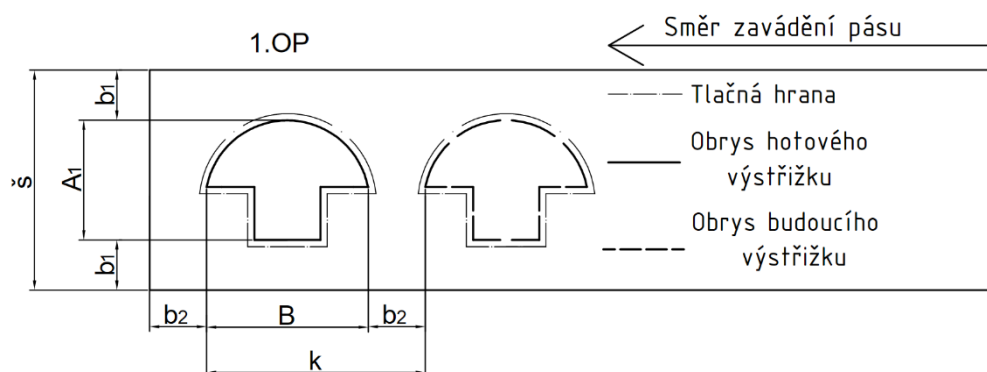
Jestliže je výchozím materiálem svitek, který je navinutý na buben, procentuální využití materiálu se vypočítá podle vztahu:

$$k_m = \frac{n_v \cdot S_o}{\check{s}_s \cdot l_s} \cdot 100 [\%], \quad (2.22)$$

kde:  $\check{s}_s$  – šířka svitku [mm],

$l_s$  – maximální délka svitku [mm],

$n_v$  – celkový počet výstřižků z jednoho svitku [ks].



Obr. 34 Příklad nástřihového plánu pro přesné stříhání s tlačnou hranou [36]

## 2.10 Závady při přesném stříhání [21], [32]

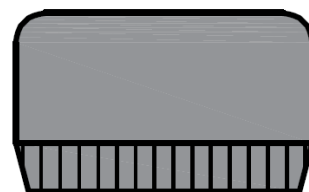
V této kapitole budou uvedeny nejčastější vady, které vznikají při přesném stříhání. U každé vady bude uvedena příčina a její možné odstranění.

Trhlina (obr. 35) může na výstřižku vzniknout z důvodu nízkého tlaku přidržovače, anebo kvůli nevhodnému materiálu. Tuto závadu lze odstranit zvětšením tlaku přidržovače, případně vyžiháním nebo změnou materiálu.



Obr. 35 Vada trhliny [21]

Održený okraj (obr. 36) vzniká při příliš velké střížné vůli. Závadu lze odstranit výměnou střížníku.



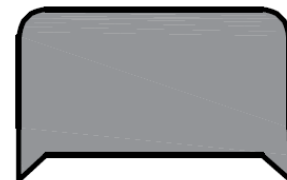
Obr. 36 Vada održený okraj [21]

Zvlněná a kuželová střížná plocha (obr. 37) může vzniknout kvůli příliš malé střížné vůli nebo velkému zaoblení střížnice. Tuto vadu lze odstranit zmenšením zaoblení střížnice nebo zvětšením střížné vůle opracováním střížníku.



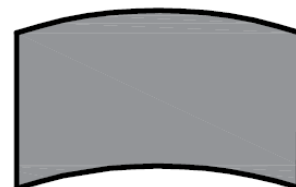
Obr. 37 Vada zvlnění [21]

Velký otřep (obr. 38) může vzniknout kvůli malé střížné vůli a opotřebovanému střížníku, nebo vyštípnutému střížníku, při optimální střížné vůli. Odstranění této vady pak spočívá ve zvětšení střížné vůle a přebroušení střížníku.



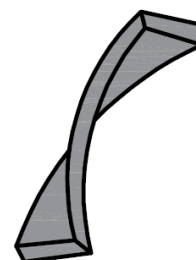
Obr. 38 Vada velký otřep [21]

Podélně prohnutý materiál (obr. 39) vzniká kvůli napětí v materiálu. Odstranění této vady je možné pomocí rovnáčky nebo použitím polotovaru s odstraněným vnitřním napětím.



Obr. 39 Vada podélné prohnutí materiálu [21]

Zkroucený výstřižek (obr. 40). Tato vada má hned několik příčin. První z nich je napětí materiálu, další příčinou je nevhodná poloha výstřižku na pásu a nepříznivý průběh vláken. Tuto vadu lze odstranit vyžiháním materiálu k odstranění vnitřního napětí nebo změnou polohy výstřižku.



Obr. 40 Zkroucený výstřižek [21]

### 3 NÁVRH ŘEŠENÍ

Jak již bylo zmíněno, vodící disk bude vyráběn pomocí technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. Velikost série je stanovena na 100 000 ks/rok a součástka se bude zhotovovat z plechu jakosti DC01, jehož mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 1 a jeho chemické složení je uvedeno v tabulce 2. Před samotnou výrobou se musí provést kontrola technologičnosti, návrh nástřihového plánu, určení funkčních rozměrů, výběr vhodného stroje, návrh střížného nástroje a ekonomické zhodnocení dané výroby.

Nejdříve je tedy nutné provést kontrolu technologičnosti, která slouží k prověření, zda bude daná součástka zvolenou technologií vyrobitelná. První věcí, která se kontroluje, je materiál. Vodící disk bude vyráběn z materiálu DC01, který je vhodným materiálem pro přesné stříhání, viz tabulka 5.

Dále je nutné zkontrolovat vzdálenosti a velikosti stříhaných otvorů. Tato kontrola slouží k ověření toho, zda jsou otvory vzhledem k jejich parametrům vyrobitelné. Mezi parametry, které se budou na vodícím disku kontrolovat patří:

- Minimální možná vzdálenost mezi otvory – tato vzdálenost se určí pomocí nomogramu (obr. 31). Nejdříve je nutné v závislosti na tloušťce plechu a meze pevnosti v tahu určit z tohoto nomogramu hodnotu  $W_2$ . Vzhledem k tomu, že tloušťka plechu je  $t = 3$  mm a horní mez pevnosti v tahu pro materiál DC01 je  $R_m = 410$  MPa, byla odečtena hodnota  $W_2 \cong 1,5$  mm. Hodnota  $W_1$  se následně vypočítá pomocí vztahu (2.18):

$$W_1 = 0,85 \cdot W_2 = 0,85 \cdot 1,5 = 1,275 \text{ mm.}$$

Aby bylo možné otvory zhotovit, musí mezi nimi být vzdálenost větší než 1,275 mm. Jak je možné vidět na obrázku 41, minimální vzdálenost mezi otvory je na vodícím disku 10 mm. Tato podmínka je tedy splněna.

- Nejmenší bezpečné velikosti otvoru – rozměr tohoto parametru má procentuální závislost na tloušťce plechu, která se určí pomocí nomogramu (obr. 32 b). Pro tloušťku plechu  $t = 3$  mm se bezpečná velikost otvoru vypočítá pomocí vztahu:

$$d_b = 0,6 \cdot t = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ mm.} \quad (3.1)$$

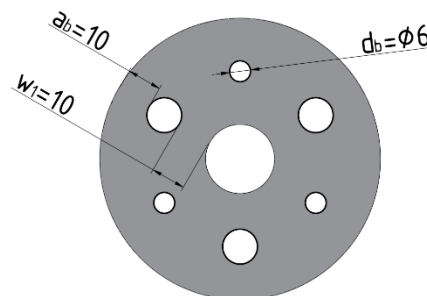
Další podmínkou tedy je, aby velikosti otvorů nebyly menší než 1,8 mm. Vzhledem k tomu, že na vodícím disku má nejmenší otvor průměr 6 mm, je možné konstatovat, že i tato podmínka je splněna.

- Vzdálenost otvorů od okraje výstřižku – tento parametr se opět určí pomocí nomogramu (obr. 32 a), který má stejný princip jako předchozí. Výpočet se provede pomocí vztahu:

$$a_b = 0,62 \cdot t = 0,62 \cdot 3 = 1,86 \text{ mm.} \quad (3.2)$$

Poslední podmínkou pro vyrobitelnost otvorů je, aby jejich vzdálenost byla od okraje výstřižku větší než 1,86 mm. Vzhledem k tomu, že na součástce je tato vzdálenost 10 mm, je i tato podmínka splněna.

Z těchto porovnání tedy vyplývá, že disk splňuje všechny podmínky technologičnosti a není třeba provádět žádné úpravy.

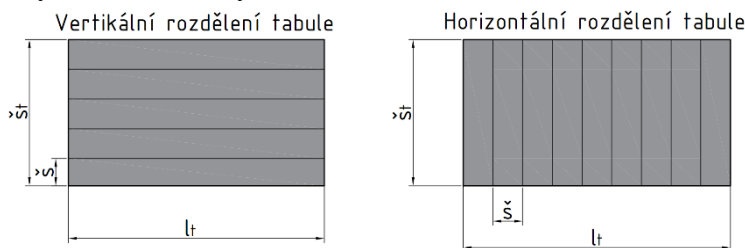


Obr. 41 Vyznačení důležitých rozměrů

### 3.1 Řešení nástřihového plánu [21], [36], [37]

Nástřihový plán slouží k výběru optimální varianty rozložení výstřižků na pásy a k výběru optimálního polotovaru vzhledem k procentuálnímu využití materiálu, které se vypočítá pro všechny vybrané varianty. Prvním krokem je určení velikosti můstku a vzdálenosti výstřižků od okraje plechu. Tyto vzdálenosti se určí pomocí nomogramu (obr. 33). Pro tloušťku plechu  $t = 3$  mm odpovídá velikost můstků  $b_2 = 5,2$  mm a vzdálenost mezi výstřižkem a okrajem plechu  $b_1 = 4,7$  mm.

Vodící disk lze zhotovit ze dvou základních polotovarů. Prvním možným polotovarem je tabule plechu. Jestliže bude součást vystřihována z tohoto polotovaru, v úvahu přicházejí dvě varianty rozložení výstřižku na pásy, lišící se způsobem rozdělení tabule na pásy, a to na horizontální a vertikální způsob rozdělení (obr. 42). Pro zvýšení procentuálního využití materiálu se výpočet provede pro tři různé velikosti tabule. Uspořádání je uvažováno jednořadé, jelikož u víceřadého uspořádání by bylo za potřeby zkonstruovat velmi složitý nástroj a také by došlo k velkému navýšení střižné síly.



Obr. 42 Možné způsoby rozdělení tabule na pásy [36]

**Příklad výpočtu pro tabuli plechu:** (Horizontální rozdělení, rozměry tabule 1 500 x 3 000 mm):

- Již výše byla z nomogramu odečtena velikost můstku a vzdálenost mezi výstřižkem a okrajem plechu. Následně se vypočítá velikost kroku a šířky pásu pomocí vztahů (2.19) a (2.20):

$$K = B + b_2 = 70 + 5,2 = 75,2 \text{ mm},$$

$$š = A + 2 \cdot b_1 = 70 + 2 \cdot 4,7 = 79,4 \text{ mm}.$$

- Následně se vypočítá počet pásů, které je možné vystřihnout z jedné tabule pomocí vztahu:

$$n_p = \frac{š_t}{š} = \frac{1500}{79,4} = 18,89 \Rightarrow \text{volím 18 pásů z jedné tabule.} \quad (3.3)$$

- Poté se vypočítá počet kusů z jednoho pásu pomocí vztahu:

$$n_k = \frac{l_t}{K} = \frac{3000}{75,2} = 39,89 \Rightarrow \text{volím 39 kusů z jednoho pásu.} \quad (3.4)$$

- Celkový počet kusů z jedné tabule se vypočítá pomocí vztahu:

$$n_c = n_k \cdot n_p = 18 \cdot 39 = 702 \text{ ks.} \quad (3.5)$$

- Poté se vypočítá celkový potřebný počet tabulí pomocí vztahu:

$$n_T = \frac{N}{n_c} = \frac{100\,000}{702} = 142,5 \Rightarrow \text{volím 143 tabulí,} \quad (3.6)$$

kde:  $N$  – celkový počet kusů [ks].

- Nakonec se vypočítá procentuální využití materiálu pomocí vztahu (2.21):

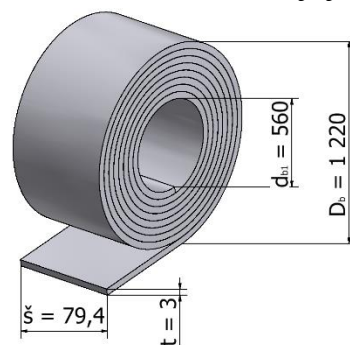
$$k_m = \frac{100 \cdot n_c \cdot S_o}{š_t \cdot l_t} = \frac{100 \cdot 702 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4}}{1500 \cdot 3000} = 60,04\%.$$

U této varianty vyšlo procentuální využití materiálu 60,04 %. Nejlepší procentuální využití materiálu má varianta, kde se tabule o rozměrech 1000 x 2000 mm vertikálně rozděluje na pásy, a to 62,54 %. Výsledky všech variant jsou zapsány v tabulce 6.

Tab. 6 Procentuální využití materiálu pro různé varianty uspořádání

Horizontální rozdělení										
Rozměry tabule [š x l]	A = B [mm]	b <sub>1</sub> [mm]	b <sub>2</sub> [mm]	š [mm]	K [mm]	n <sub>p</sub> [ks]	n <sub>k</sub> [ks]	n <sub>c</sub> [ks]	n <sub>T</sub> [ks]	k <sub>m</sub> [%]
1000 x 2000	70	4,7	5,2	79,4	75,2	12	26	312	321	60,04
1250 x 2500	70	4,7	5,2	79,4	75,2	15	33	495	203	60,96
1500 x 3000	70	4,7	5,2	79,4	75,2	18	39	702	143	60,04
Vertikální rozdělení										
Rozměry tabule [š x l]	A = B [mm]	b <sub>1</sub> [mm]	b <sub>2</sub> [mm]	š [mm]	K [mm]	n <sub>p</sub> [ks]	n <sub>k</sub> [ks]	n <sub>c</sub> [ks]	n <sub>T</sub> [ks]	k <sub>m</sub> [%]
1000 x 2000	70	4,7	5,2	79,4	75,2	25	13	325	308	62,54
1250 x 2500	70	4,7	5,2	79,4	75,2	31	16	496	202	61,08
1500 x 3000	70	4,7	5,2	79,4	75,2	37	19	703	143	60,12

Druhým možným polotovarem jsou svitky plechu, které jsou navinuté na buben a mají již požadovanou šířku. Aby bylo možné určit maximální délku svitku, je potřebné znát jeho maximální vnitřní a vnější průměr. Tyto parametry (obr. 43) jsou předepsány výrobcem daného odvíjecího zařízení. Pro naši výrobu bude použit model odvíjecího zařízení SRA 1500 D od firmy PA Bohemia, jehož technické parametry lze nalézt v příloze č.1. Nosnost tohoto zařízení je 700 kg, maximální vnější průměr svitku D<sub>b</sub> = 1 220 mm a maximální vnitřní průměr svitku d<sub>b1</sub> = 560 mm.



Obr. 43 Rozměry svitku

U svitku jsou zapotřebí provést následující výpočty:

- Maximální délka svitku l<sub>s</sub> se vypočítá pomocí vztahu:

$$l_s = \frac{D_b^2 - d_{b1}^2}{t \cdot 4} \cdot \pi = \frac{1220^2 - 560^2}{3 \cdot 4} \cdot \pi = 307\,561,92 \text{ mm.} \quad (3.7)$$

Pro výrobu bude zvolen svitek s délkou 308 m.

- Dále je zapotřebí porovnat hmotnost jednoho svitku s předepsanou únosností. Hmotnost jednoho svitku se vypočítá pomocí vztahu:

$$m_s = \rho \cdot l_s \cdot \pi \cdot t = 7850 \cdot 308 \cdot 0,003 = 573 \text{ kg.} \quad (3.8)$$

Hmotnost jednoho svitku je 573 kg. Zvolené odvíjecí zařízení svou nosností tedy vyhovuje.

- Počet výstřižků z jednoho svitku se vypočítá pomocí vztahu:

$$n_v = \frac{l_s - l_o}{K} = \frac{308000 - 100}{75,2} = 4\,094,4 \text{ ks.} \quad (3.9)$$

kde: l<sub>o</sub> – délka odpadu, který je potřebný pro zavedení pásů [mm],

Z jednoho svitku se zhotoví 4 094 výstřižků.

- Celkový počet potřebných svitků se vypočítá pomocí vztahu:

$$n_{ps} = \frac{100000}{n_v} = \frac{100000}{4094} = 24,426 \text{ ks.} \quad (3.10)$$

Pro výrobu bude potřeba 24 kusů úplných svitků.



- Poslední svitek bude neúplný, a jelikož je dodavatel schopen navinout i svitek s menší požadovanou délkou, je ekonomicky výhodné vypočítat potřebnou délku na posledním svitku a objednat jeden svitek s menší délkou. Tento výpočet se provede pomocí vztahu:

$$l_n = 0,426 \cdot l_s = 0,426 \cdot 307\,561,92 = 131\,021,38 \text{ m.} \quad (3.11)$$

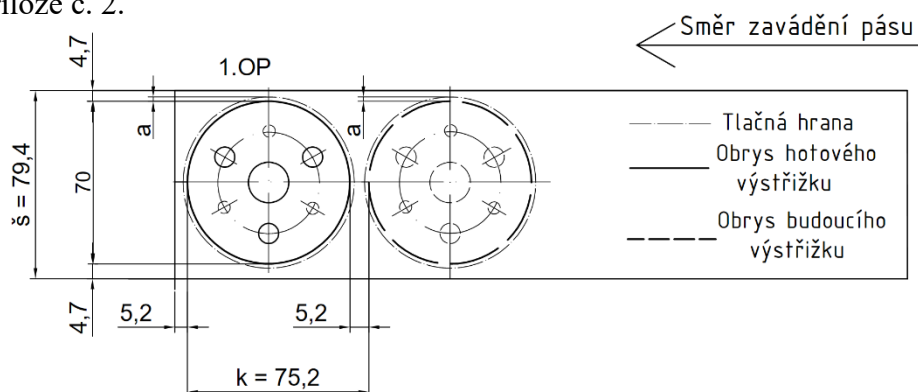
Neúplný svitek bude mít délku 132 m.

- Procentuální využití materiálu se následně vypočítá pomocí vztahu (2.22):

$$k_m = \frac{n_v \cdot S_o}{\xi \cdot l_s} \cdot 100 = \frac{4094 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4}}{79,4 \cdot 308000} \cdot 100 = 64,43 \text{ \%}$$

Při porovnání všech variant vyšlo nejlepší využití materiálu u stříhání ze svitku, a to 64,43 %. Druhé nejlepší využití materiálu 62,54 % má varianta, kde se tabule o rozměrech 1000 x 2000 mm vertikálně rozděluje na pásy. Vzhledem k lepšímu využití materiálu a ke skutečnosti, že nastříhané pásy z tabule plechu nejsou optimálním polotovarem u tak velkých sérií z důvodu ručního zakládání pásu plechu do nástroje, volím metodu, kde se bude vystřihávat přímo ze svitku plechu. Nástřihový plán této varianty je na obr. 44. Od dodavatele bude zapotřebí objednat 24 úplných svitků a jeden neúplný svitek s délkou  $l_n = 132 \text{ m}$ .

Nevýhodou této metody je potřeba kromě odvíjecího zařízení ještě rovnacího zařízení. Rovnacím zařízením bude model SS 87 od firmy PA Bohemia, jehož technické parametry jsou k nalezení v příloze č. 2.

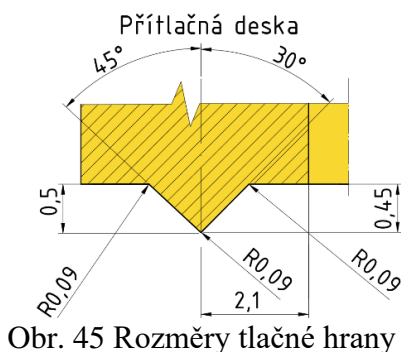


Obr. 44 Nástřihový plán s rozměry

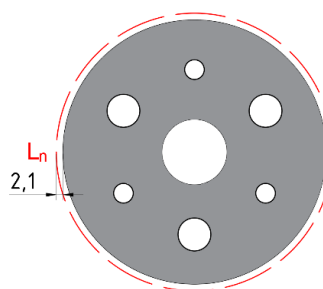
### 3.2 Výpočet tlačné hrany

Rozměry tlačné hrany (obr. 45) byly zvoleny podle tabulky 3. Vzhledem k tloušťce plechu 3 mm bude tlačná hrana pouze na přitlačné desce, její tvar je vidět na obr. 46:

Vzdálenost tlačné hrany od okraje výstřižku:	$a = 2,1 \text{ mm}$
Výška tlačné hrany:	$h = 0,45 \text{ mm}$
Výška odlehčení za tlačnou hranou:	$h_1 = 0,5 \text{ mm}$
Poloměr zaoblení:	$R = 0,09 \text{ mm}$



Obr. 45 Rozměry tlačné hrany



Obr. 46 Tvar tlačné hrany a její zakótování

### 3.3 Výpočet střížné vůle, střížné síly a střížné práce [38]

- Vzhledem k tloušťce plechu  $t \leq 3$  mm se střížná mezera vypočítá pomocí vztahu (2.14):

$$z = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 410} = 0,012 \text{ mm},$$

kde:  $R_m$  – mez pevnosti v tahu [MPa], pro výpočet se bude uvažovat maximální mez pevnosti v tahu. Pro materiál DC01 tedy  $R_m = 410$  MPa.

Střížná mezera vyšla 0,012 mm, ale jak již bylo řečeno, v praxi platí, že její velikost je přibližně 0,5 % tloušťky materiálu, což by vzhledem k tloušťce plechu  $t = 3$  mm znamenalo, že by její velikost byla 0,015 mm. Rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami střížné mezery je velmi malý. Při dalších výpočtech se bude uvažovat střížná mezera  $z = 0,015$  mm.

- Střížná vůle se následně vypočítá pomocí vztahu (2.13):

$$v = 2 \cdot z = 2 \cdot 0,015 = 0,03 \text{ mm}.$$

Střížná vůle je dvojnásobkem střížné mezery. Její velikost tedy je 0,03 mm.

- Celková síla se vypočítá pomocí vztahu (2.8):

$$F_c = F_s + F_p + F_v = 554\,585,6 + 172\,032,2 + 160\,692,5 = 887\,310,3 \text{ N} = 887,3 \text{ kN},$$

V první řadě je zapotřebí spočítat jednotlivé složky:

- První složkou je střížná síla, která se vypočítá pomocí vztahu (2.5):

$$F_s = n \cdot \tau_{ps} \cdot S = n \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot L_c \cdot t = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 410 \cdot 433,541 \cdot 3 = 554\,585,6 \text{ N},$$

kde:  $n$  – součinitel otupení [-], při stříhání disku bude uvažováno  $n = 1,3$ ,

$L_c$  – celková délka stříhu [mm], se vypočítá pomocí vztahu:

$$L_c = o_1 + o_2 + 3 \cdot o_3 + 3 \cdot o_4 = \quad (3.12)$$

$$= 219,911 + 62,832 + 3 \cdot 31,416 + 3 \cdot 18,85 = 433,541 \text{ mm},$$

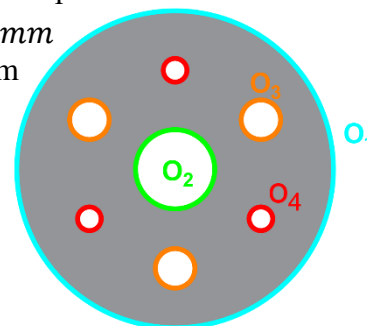
Jednotlivé délky stříhu (obr. 47), stanoví se pomocí vztahů:

$$o_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1 = 2 \cdot \pi \cdot 35 = 219,911 \text{ mm}$$

$$o_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2 = 2 \cdot \pi \cdot 10 = 62,832 \text{ mm}$$

$$o_3 = 2 \cdot \pi \cdot r_3 = 2 \cdot \pi \cdot 5 = 31,416 \text{ mm}$$

$$o_4 = 2 \cdot \pi \cdot r_4 = 2 \cdot \pi \cdot 3 = 18,850 \text{ mm}$$



Obr. 47 Znázornění jednotlivých délek stříhu

První složka celkové síly tedy vyšla 554 585,6 N.

- Další složkou je síla přidržovače, která se vypočítá pomocí vztahu (2.6):

$$F_p = k \cdot L_n \cdot h = 4 \cdot R_m \cdot L_n \cdot h = 4 \cdot 410 \cdot 233,106 \cdot 0,45 = 172\,032,2 \text{ N},$$

kde:  $L_n$  – délka tlačné hrany [mm], se vypočítá pomocí vztahu:

$$L_n = 2 \cdot \pi \cdot (a + r_1) = 2 \cdot \pi \cdot (2,1 + 35) = 233,106 \text{ mm}. \quad (3.13)$$

Přítlačná síla vyšla 172 032,2 N.



- Poslední složkou je síla vyhazovače, která se vypočítá pomocí vztahu (2.7):

$$F_v = S_v \cdot p = 3213,85 \cdot 50 = 160\,692,5 \text{ N.}$$

kde:  $p$  – měrný tlak [MPa], vzhledem k malé velikosti a tvarové složitosti součásti volím měrný tlak  $p = 50 \text{ MPa}$ .

Síla od vyhazovače je  $160\,692,5 \text{ N}$ .

Po sečtení všech složek sil vyšla celková síla  $887,3 \text{ kN}$ .

- Celková vynaložená práce se vypočítá pomocí vztahu (2.12):

$$A_c = A_s + A_p + A_v = 767,9 + 86,1 + 578,5 = 1\,432,5 \text{ J,}$$

Nejdříve je, ale stejně jako u síly zapotřebí vypočítat její jednotlivé složky:

- První složkou je střižná práce, která se vypočítá pomocí vztahu (2.9):

$$A_s = \frac{0,48 \cdot L_c \cdot R_m \cdot t^2}{1000} = \frac{0,48 \cdot 433,541 \cdot 410 \cdot 3^2}{1000} = 767,9 \text{ J.}$$

Střižná práce se rovná  $767,5 \text{ J}$ .

- Druhou složkou je práce přidržovače, která se vypočítá pomocí vztahu (2.10):

$$A_p = \frac{2 \cdot R_m \cdot L_n \cdot h}{1000} = \frac{2 \cdot 410 \cdot 233,106 \cdot 0,45}{1000} = 86,1 \text{ J.}$$

Práce přidržovače se rovná  $86,1 \text{ J}$ .

- Poslední složkou je práce vyhazovače, která se vypočítá pomocí vztahu (2.11):

$$A_v = \frac{S_v \cdot t \cdot p}{1000} = \frac{3213,85 \cdot 3 \cdot 60}{1000} = 578,5 \text{ J.}$$

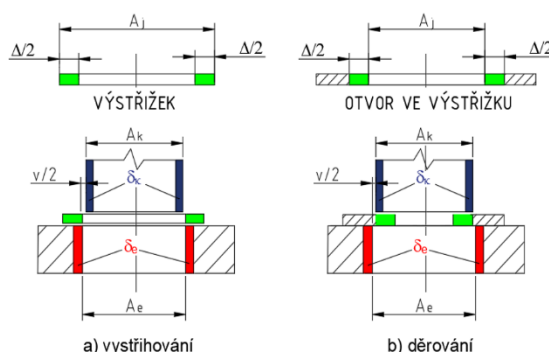
Práce vyhazovače se rovná  $578,5 \text{ J}$ .

Po sečtení všech složek vyšla celková práce  $1432,5 \text{ J}$ .

### 3.4 Funkční rozměry střižníku a střižnice [28], [38]

Pro určení funkčních rozměrů střižníku a střižnice je potřeba u každého rozměru (obr. 49) určit, zdali se jedná o vystřihování (obr. 48 a), kde by měl mít otvor ve střižnici stejný rozměr jako požadovaný jmenovitý rozměr výstřižku, ale jelikož se otvor ve střižnici bude během stříhání

vlivem opotřebení zvětšovat, rozměr díry nové střižnice by měl být stejný jako minimální rozměr jmenovitého rozměru výstřižku kvůli zvýšení životnosti. Nebo zdali se jedná o děrování (obr. 48 b), kde jmenovitý rozměr



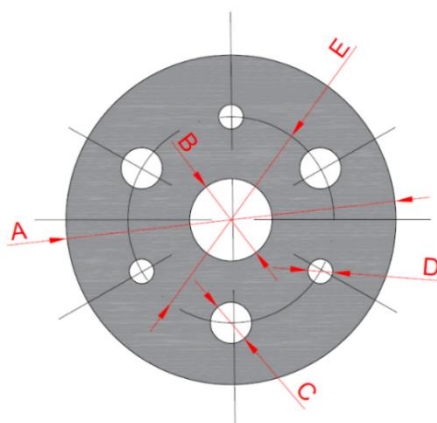
Obr. 48 Rozměry střižníku a střižnice u vystřihování a děrování [38]

výstřižku vychází z rozměru střižníku. Vzhledem k tomu, že se rozměr střižníku bude kvůli opotřebení zmenšovat, by měl mít nový střižník stejný rozměr jako maximální rozměr jmenovitého rozměru výstřižku. Dále je třeba u každého rozměru určit, zdali se rozměr opotřebením zvětší, zmenší nebo nezmění. Vztahy pro jednotlivé možnosti jsou umístěny v příloze č. 3.

Dále se podle [38] v závislosti na toleranci součásti určí pro jednotlivé rozměry (obr. 49) přípustná míra opotřebení a výrobní tolerance nástroje, tyto rozměry jsou zapsány v tabulce 7.

Tab. 7 Hodnoty funkčních rozměrů s tolerancemi

Označení rozměrů	Hodnota rozměru [mm]	Přípustná míra opotřebení (P) [mm]	Výrobní tolerance střížnice ( $\delta_e$ ) [mm]	Výrobní tolerance střížníku ( $\delta_k$ ) [mm]
A	$\varnothing 70 \text{ h7}$	0,025	0,008	0,005
B	$\varnothing 20 \text{ H9}$	0,05	0,019	0,013
C	$\varnothing 10 \text{ H7}$	0,02	0,007	0,004
D	$\varnothing 6 \text{ H7}$	0,02	0,007	0,004
E	$\varnothing 50 \pm 0,2$	0,310	0,120	0,074



Obr. 49 Označení jednotlivých rozměrů

- Jednotlivé funkční rozměry pro střížník a střížnici se následně vypočítají pomocí vztahů, které jsou umístěné v příloze č. 3:

**Rozměr A:**

$$\text{Střížnice: } A_e = (A - P)^{+\delta_e} = (70 - 0,025) = 69,975^{+0,008} \text{ mm}$$

$$\text{Střížník: } A_k = (A - P - v + \delta_k)_{-\delta_k} = (70 - 0,025 - 0,03 + 0,005)_{-0,005} = 69,95_{-0,005} \text{ mm}$$

**Rozměr B:**

$$\text{Střížník: } A_k = (B + P)_{-\delta_k} = (20 + 0,05)_{-0,013} = 20,05_{-0,013} \text{ mm}$$

$$\text{Střížnice: } A_e = (B + P + v)^{+\delta_e} = (20 + 0,05 + 0,03)^{+0,019} = 20,08^{+0,019} \text{ mm}$$

**Rozměr C:**

$$\text{Střížník: } A_k = (C + P)_{-\delta_k} = (10 + 0,02)_{-0,004} = 10,02_{-0,004} \text{ mm}$$

$$\text{Střížnice: } A_e = (C + P + v)^{+\delta_e} = (10 + 0,02 + 0,03)^{+0,007} = 10,05^{+0,007} \text{ mm}$$

**Rozměr D:**

$$\text{Střížník: } A_k = (D + P)_{-\delta_k} = (6 + 0,02)_{-0,004} = 6,02_{-0,004} \text{ mm}$$

$$\text{Střížnice: } A_e = (D + P + v)^{+\delta_e} = (6 + 0,02 + 0,03)^{+0,007} = 6,05^{+0,007} \text{ mm}$$

**Rozměr E:**

$$\text{Střížník: } A_k = (E) \pm \delta_k = 50 \pm 0,074 \text{ mm}$$

$$\text{Střížnice: } A_e = (E) \pm \delta_e = 50 \pm 0,120 \text{ mm}$$

### 3.5 Pevnostní kontrola střižníku a střižnice [21], [29], [30], [39]

Střižníky se zpravidla kontrolují na vzpěr a na otláčení. Tyto kontroly jsou provedeny na kritickém neboli nejmenším střižníku. V tomto případě bude kontrolován střižník kruhového průřezu o  $\varnothing 6$  mm. U střižnice se provádí kontrola její výšky. Jestliže by byla její výška moc malá, mohlo by namáhání na ohyb zapříčinit její deformaci.

- Kontrola na vzpěr bude provedena pomocí výpočtu kritické délky, která musí být kratší než volná délka nejmenšího střižníku. Kritická délka se vypočítá pomocí vztahu (2.16):

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot d_k \cdot t \cdot \tau_{ps}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 63,62}{1,5 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 410}} = 244,1 \text{ mm},$$

kde:  $I$  – moment setrvačnosti, který je pro kruhový průřez dán rovnicí:

$$I = \frac{\pi \cdot d_k^4}{64} = \frac{\pi \cdot 6^4}{64} = 63,62 \text{ mm}^4, \quad (3.14)$$

$\mu$  – koeficient bezpečnosti, tento koeficient byl zvolen jako  $\mu = 1,5$ .

Volná délka střižníku by tedy neměla překročit hodnotu 244,1 mm. Vzhledem k tomu, že je střižník z valné části veden a celková délka střižníku je u střižného nástroje pouze 70 mm, je tato podmínka zaručeně splněna. Jelikož je tato podmínka splněna u nejmenšího střižníku, není potřeba tuto kontrolu provádět u dalších střižníků.

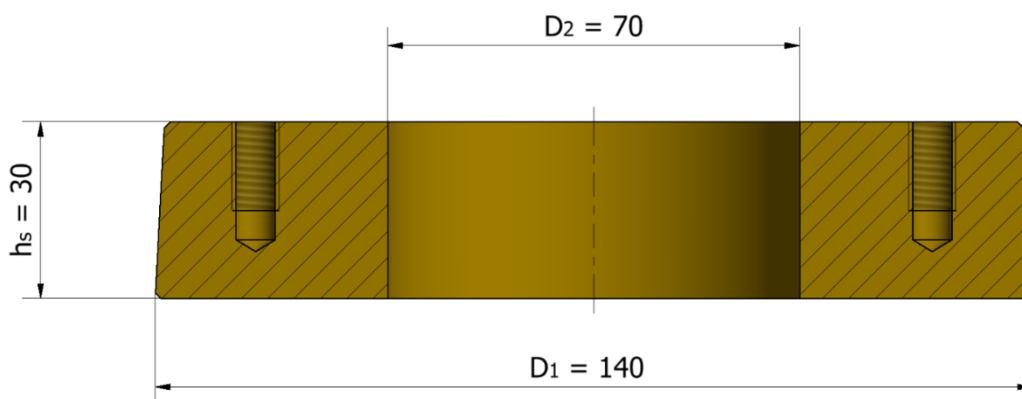
- Dosedací plocha střižníku v upínací hlavici je opřena o podložku, která je vyrobená z oceli 11 600. Jelikož střižník je vyroben z tvrdší a pevnější nástrojové oceli 19 437, mohlo by dojít k promáčknutí jeho upínací části do již zmíněné podložky, k tomuto promáčknutí může dojít, pokud bude namáhání větší než 180 MPa. V takovém případě by bylo nutné použít opěrnou kalenou desku. Kontrola bude provedena pomocí vztahu (2.17):

$$\sigma = \frac{F_{sk}}{S_k} = \frac{n \cdot l_k \cdot t \cdot \tau_{ps}}{S_k} = \frac{1,3 \cdot 18,8 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 410}{\frac{\pi \cdot 6^2}{4}} = 850,6 \text{ MPa} \leq \sigma_{dov},$$

$$\sigma \leq \sigma_{dov} \Rightarrow 850,6 \text{ MPa} > 180 \text{ MPa}.$$

Je patrné, že výše uvedená nerovnice neplatí, je tedy nutné použít opěrnou kalenou desku, aby nedošlo k promáčknutí upínací části střižníku. Tloušťka této desky je 4 mm.

- Pro výpočet minimální výšky střižnice je potřeba navrhnout její vnější a vnitřní průměr. Tyto parametry včetně konstrukčně zvolené výšky jsou znázorněny na obrázku 50.



Obr. 50 Zakótované parametry střižnice

Minimální výška střížnice se následně vypočítá pomocí vztahu:

$$h_s = \sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\frac{R_{mo}}{1,8}} \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{D_o}{D_1}\right)} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 554\,585,6}{\frac{3750}{1,8}} \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{70}{149}\right)} = 16,6 \text{ mm}, \quad (3.15)$$

kde:  $R_{mo}$  – mez pevnosti v ohybu (pro materiál 19 437 platí  $R_{mo} = 3750$  MPa),  
 $D_o$  – vnitřní průměr střížnice [mm],  
 $D_1$  – vnější průměr střížnice [mm].

Aby nedošlo k deformaci střížnice, její výška musí být větší než 16,6 mm. Pro konstrukci byla zvolena výška střížnice 30 mm. Tato podmínka je tedy splněna.

### 3.6 Volba stroje [40]

Na volbu stroje má vliv hned několik faktorů. Prvním z nich je, aby celková maximální síla stroje byla větší než celková síla, která je k výrobě potřebná. Velikost potřebné síly byla vypočítána jako  $F_c = 887,3$  kN. Dalším faktorem je, aby půdorysná plocha stroje byla větší než půdorysná plocha nástroje, který se bude do stroje umisťovat. Půdorysná plocha nástroje, ve kterém se bude vodící disk zhotovovat má rozměry 294 x 260 mm. Posledním požadavkem je, aby rozměry stříhaného plechu nebyly na stroj moc velké. Mezi rozměry plechu, které mají vliv na výběr stroje patří šířka plechu  $s = 79,4$  mm a jeho tloušťka  $t = 3$  mm. Dále je u výroby technologií přesného stříhání s tlačnou hranou zapotřebí trojčinný hydraulický lis, který je schopen přenášet síly beranu, přidržovače a vyhazovače nezávisle na sobě. Na základě těchto údajů byl zvolen hydraulický lis FEINTOOL XFT 1500speed (obr. 51), který splňuje všechny požadavky, a jehož technické parametry jsou k zapsány v tabulce 8.



Obr. 51 FEINTOOL XFT 1500speed [40]

Tab. 8 Technické parametry lisu FEINTOOL XFT 1500speed [40]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Celková maximální síla	1500	kN
Zdvih	50	mm
Počet zdvihů za minutu	200	/min
Maximální tloušťka plechu	6	mm
Maximální šířka plechu	220	mm
Půdorys	480x480	mm

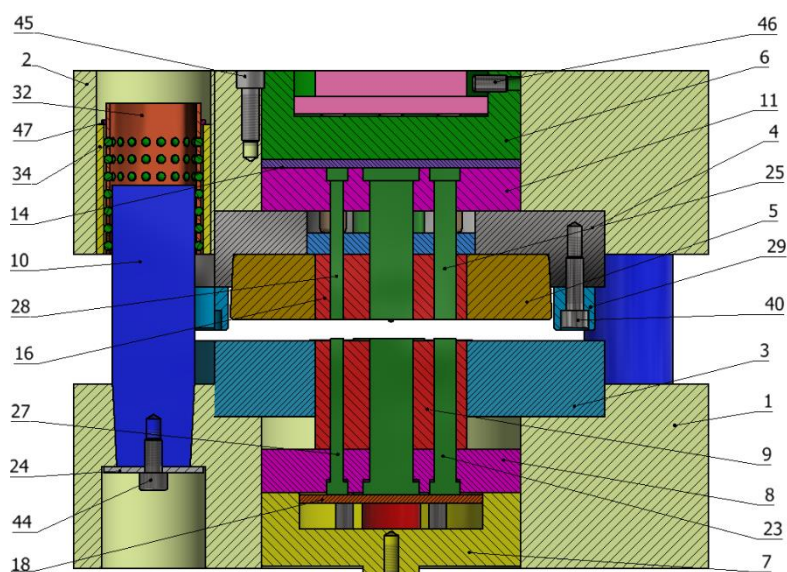
### 3.7 Popis střížného nástroje [32], [33]

Vzhledem k souměrnosti a k rozměrům součástí je zvoleno konstrukční řešení s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou. Nástroj (obr. 52 a 53) byl konstruován dle směrnice [32]. Nástroj se skládá z masivního rámu, a to ze základové desky (1) a upínací desky (2). Tyto desky jsou spojené pomocí dvou vodících sloupků (10), které mají rozdílný průměr, aby nebylo možné desky smontovat obráceně. Vodící sloupky jsou přišroubované pomocí šroubu (44) a podložek vodících sloupků (24) k základové desce a v upínací desce jsou pojištěny pomocí pojistných kroužků (47). Tyto vodící sloupky jsou vedeny pomocí kuličkových klecí (32), které jsou umístěny v kuličkových pouzdrech (34). Pro snadnější manipulaci s nástrojem jsou na deskách umístěny nosné čepy (20).

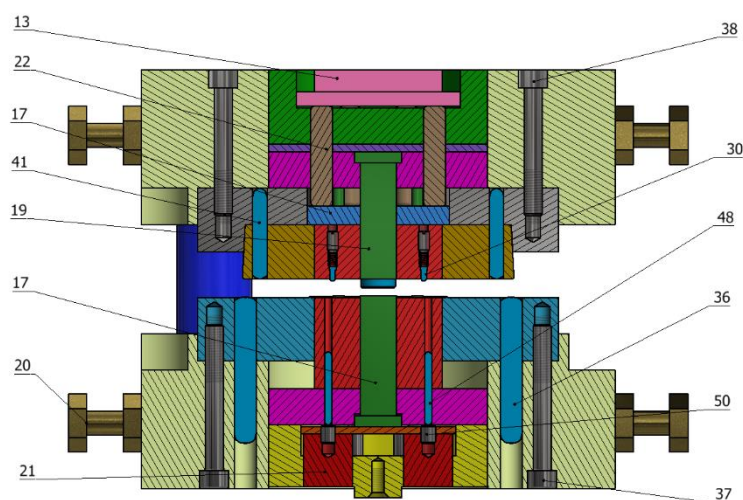
Horní část nástroje je umístěna v upínací desce. Byla zvolena dělená střížnice (5) vzhledem k předpokládané výměně. Střížnice má rozhodující vliv na přesnost a jakost povrchu výstřížku. Lícuje se s přesahem H7/p6 do zděře střížnice (4). Následně jsou tyto dvě části zašroubovány pomocí čtyř šroubů (42) (obr. 54). Zděř se lícuje do upínací desky s přesahem H7/p6. Správná poloha zděře a střížnice je zajištěna pomocí kolíků (41) a také jsou k sobě přišroubovány pomocí šesti šroubů (38). Ve střížnici je veden obrysový vyhazovač (16), který spolu s obrysovým střížníkem svírá stříhaný materiál. Na vyhazovači se nachází odtlačovací kolík (30), který zabraňuje lepení výstřížků na vyhazovač. Vyhazovač je pomocí čtyř šroubů (43) přišroubován k podložce vyhazovače (17). Dále slouží k vedení děrovacích střížníků (19, 25, 28), které jsou zakotveny v kotvící desce (11). Nad touto deskou se nachází kalená opěrná deska (14), která zabraňuje otlacení střížníků do podložky (6). Tato podložka je zajištěna proti pootočení pomocí šroubu (45). Účelem této podložky je regulace prostoru mezi kotevní a upínací deskou. Dále slouží k vedení tlačných kolíků (22), které tlakem na vyhazovač vysunují výstřížek ze střížnice a přenášejí sílu, která zajišťuje rovinnost výstřížku. Přitlačnou a vyhazovací sílu přenáší přes tlačné kolíky a vyhazovač vyhazovací kroužek (13), který je proti vypadnutí zajištěn pomocí šroubu (46). Z důvodu, aby nedošlo k poškození tlačné hrany při přemisťování nástroje, jsou ke zděři střížnice přišroubovány pomocí dvou šroubů (40) dva výškové dorazy (29).

Spodní část nástroje je umístěna v základové desce, která je pomocí šesti šroubů (37) přišroubována k přitlačné desce (3). Tato deska vede obrysový střížník (9) a se střížnicí svírá stříhaný materiál. Na této desce se vyskytuje tlačná hrana z důvodu vytvoření trojosé tlakové napjatosti. Kvůli zajištění proti pootočení je tato deska spojena pomocí dvou kolíků (36) se základovou deskou. Jak již bylo řečeno, v přitlačné desce je smykově bez vůle veden obrysový střížník, který slouží k vystřížení vnějších obrysů součástí. Dále vede vyhazovače (17, 23, 27), který se opírají o podložku střížníku (18). Při spodní poloze vyčnívají zhruba 0,2 mm nad střížník, aby se na vyhazovače nenalepily odstřížky. Vyhazovače jsou zakotveny ve spodní kotvící desce (8). Tato deska je spojena pomocí dvou kolíků (48) s obrysovým střížníkem z důvodu zajištění správné polohy. Další částí je držák střížníku (7), který slouží k ovládání pohybu obrysového střížníku. Tento držák je zalisován k základové desce s přesahem H7/j6 a dále je přišroubován k obrysovému střížníku pomocí čtyř šroubů (39) (obr. 55). Poslední částí jsou dva vyrážecí kolíky (21), které regulují výšku vyhazovačů a přenášejí pohyb na přitlačnou desku. Jsou pomocí dvou šroubů (50) přišroubovány ke kotvící desce.

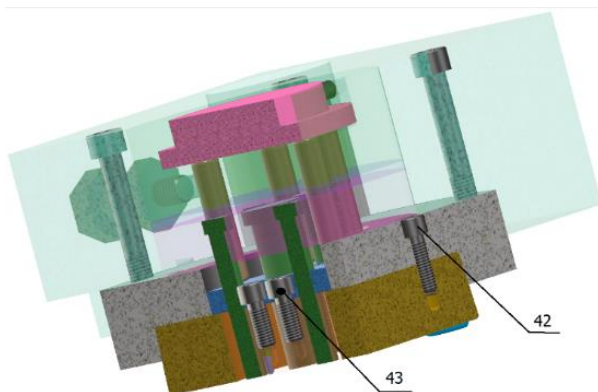




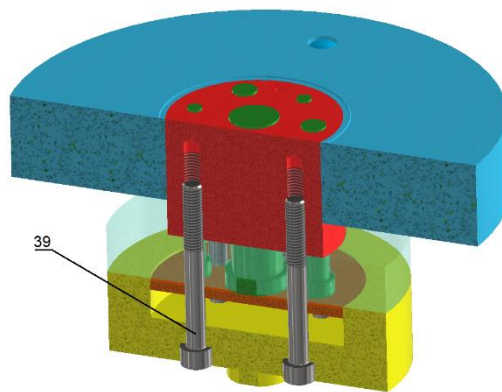
Obr. 52 Nárysny řez střížným nástrojem



Obr. 53 Bokorysný řez střížným nástrojem



Obr. 54 Montážní detail horní části nástroje



Obr. 55 Montážní detail dolní části nástroje

## 4 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technické zhodnocení slouží k prověření, zdali je zvolená technologie výroby vodícího disku vhodná. V dalším kroku je zapotřebí provést ekonomické zhodnocení, díky kterému dostaneme bod zvratu. Tento bod ukáže, při kolika vyrobených kusech se výroba vodícího disku stane ziskovou.

### 4.1 Technické zhodnocení

Prvním krokem v technickém zhodnocení je ověření technologičnosti. Materiál DC01, ze kterého se daný výstřížek zhotovuje, je pro zvolenou technologii velmi vhodný. Dále byla provedena kontrola tvaru výstřížku. Všechny rozměry vodícího disku jsou vyrobitelné a v bezpečné vzdálenosti. Z pohledu technologičnosti tedy metoda přesného stříhání vyhovuje všem podmínkám výroby.

Disk se bude zhotovovat na trojčinném hydraulickém lisu FEINTOOL XFT 1500speed. Při volbě stroje bylo nutné ověřit, zda má dostatečnou celkovou sílu, zda půjde vzhledem k rozměrům plech zasunout do pracovní části lisu a také zda půjde do stroje umístit nástroj vzhledem k jeho půdorysné ploše. Vzhledem k celkové spočítané síle  $F_c = 887,3 \text{ kN}$ , tloušťce plechu  $t = 3 \text{ mm}$ , šířce plechu  $\bar{s} = 70,94 \text{ mm}$  a půdorysné ploše střížného nástroje  $294 \times 260 \text{ mm}$ , je možné konstatovat, že zvolený lis vyhovuje všem podmínkám výroby.

Vzhledem k tvaru a rozměrům součásti bylo použito konstrukční řešení nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přítlačnou deskou, na které je tlačná hrana. Dále byla provedena kontrola nejmenšího střížníku na otlačení a vzpěr a výpočet minimální výšky střížnice. Bylo vypočítáno, že kvůli otlačení střížníku je nutné použít opěrnou kalenou desku. Ostatní pevnostní kontroly střížníku a střížnice vyhovovaly všem podmínkám výroby.

Bylo zvoleno, že polotovarem pro výrobu bude svitek plechu vzhledem k možnosti automatizace a k procentuálnímu využití materiálu. Je tedy nutné použít odvíjecí zařízení s automatickým podavačem a rovnací zařízení. Dílna je vybavená rovnacím zařízením SS 87 a odvíjecím zařízením SRA 1500 D. Obě tato zařízení vyhovují podmínkám výroby.

### 4.2 Ekonomické zhodnocení [41], [42], [43], [44]

Vzhledem k tomu, že dílna již disponuje rovnacím a odvíjecím zařízením, nebude se jejich cena v ekonomickém hodnocení zohledňovat.

Do ekonomického zhodnocení budou zahrnuty následující položky:

- Náklady za svitky, ze kterých se disk bude zhotovovat – jak již bylo řečeno na výrobu bude potřeba 24 svitků s délkou  $l_s = 308 \text{ m}$  a jednoho neúplného svitku s délkou  $l_n = 156 \text{ m}$ . Dodavatelem svitků bude firma Montan ocel, u které je cena 1 kg materiálu 39,36 Kč. Dále během výroby vzniká odpad, který bude odkoupen firmou Trojek. Cena za kilogram plechového opadu je 3 Kč. Celkové náklady za materiál po odečtení zisku z prodeje odpadu se vypočítají pomocí vztahu:

$$c_m = c_{cs} - c_o = 550\,945 - 34\,393 = 516\,552 \text{ Kč}, \quad (4.1)$$

kde:  $c_{cs}$  – celková cena za svitky plechu, se vypočítá pomocí vztahu:

$$c_{cs} = 39,36 \cdot (24 \cdot m_s + \rho \cdot l_n \cdot \bar{s} \cdot t) = \quad (4.2)$$

$$= 39,36 \cdot (24 \cdot 573 + 7850 \cdot 132 \cdot 0,079 \cdot 0,003) = 550\,945 \text{ Kč},$$

kde: 24 – celkový počet úplných svitků [ks],

39,36 - cena za 1 kg materiálu [Kč].

$c_o$  – celkový zisk z prodeje odpadu, se vypočítá pomocí vztahu:

$$c_o = 3 \cdot (24 \cdot m_s + \rho \cdot l_n \cdot \dot{s} \cdot t) - N \cdot m_{sv} = \quad (4.3)$$

$$= 3 \cdot (24 \cdot 573 + 7850 \cdot 132 \cdot 0,079 \cdot 0,003) - 100000 \cdot 0,076 = 34\,933 \text{ Kč},$$

kde:  $m_{sv}$  – hmotnost jednoho výstřížku [kg] - změřeno v Inventor 21,  
3 – cena za 1 kg odpadu [Kč].

Celkové náklady za materiál po odečtení zisku z odpadu tedy činí 516 552 Kč.

➤ Celkové náklady vynaložené na výrobu nástroje – tyto náklady se vypočítají pomocí vztahu:

$$N_{vn} = J_m + N_{zp} + C_{mn} = 54\,000 + 270\,000 + 4\,499 = 328\,499 \text{ Kč}, \quad (4.4)$$

kde:  $C_{mn}$  – cena za potřebný materiál na výrobu nástroje, který byl koupen od firmy Kondor. Ceny jednotlivých materiálů podle tříd jsou uvedeny v tabulce 9. Potřebné hmotnosti jednotlivých tříd byly vypočítány pomocí Inventor 2021,

Tab. 9 Ceny jednotlivých materiálů od firmy Kondor [43]

Třída materiálu	Cena za 1 kg [Kč]	Hmotnost	Cena
Ocel třídy 11	25,46	85,213	2 169
Ocel třídy 12	28,52	0,091	3
Ocel třídy 14	32,3	2,43	79
Ocel třídy 19	109,3	20,57	2 248
Celková cena			4499

$J_m$  – jednicová mzda, vzhledem k průměrné mzdě dělníka 180 Kč a času výroby, který byl stanoven na 300 Nh se jednicová mzda vypočítá pomocí vztahu:

$$J_m = 180 \cdot 300 = 54\,000 \text{ Kč}, \quad (4.5)$$

$N_{zp}$  – náklady na režii firmy, tyto náklady se vypočítají jako pětinasobek jednicové mzdy:

$$N_{zp} = J_m \cdot 5 = 54\,000 \cdot 5 = 270\,000 \text{ Kč}, \quad (4.6)$$

Celkové náklady na výrobu nástroje činí 328 499 Kč.

➤ Dalším krokem je výpočet celkové prodejní ceny výrobku s připočítaným ziskem (200 %), a to pomocí vztahu:

$$C_{cv} = N_{vv} \cdot 3 = 8,46 \cdot 3 = 25,38 \text{ Kč}, \quad (4.7)$$

kde:  $N_{vv}$  – celkové výrobní náklady na jeden výstřížek, vypočítané pomocí vztahu:

$$\begin{aligned} N_{vv} &= \frac{T \cdot (J_m + N_{zp}) + C_{mn}}{N \cdot T} + N_{mv} = \\ &= \frac{2 \cdot (54\,000 + 270\,000) + 4\,499}{100\,000 \cdot 2} + 5,2 = 8,46 \text{ Kč}, \end{aligned} \quad (4.8)$$

kde:  $N_{mv}$  – materiálové náklady na jeden výstřížek, získané vztahem:

$$N_{mv} = \frac{c_m}{N} = \frac{516\,552}{100\,000} = 5,2 \text{ Kč}, \quad (4.9)$$

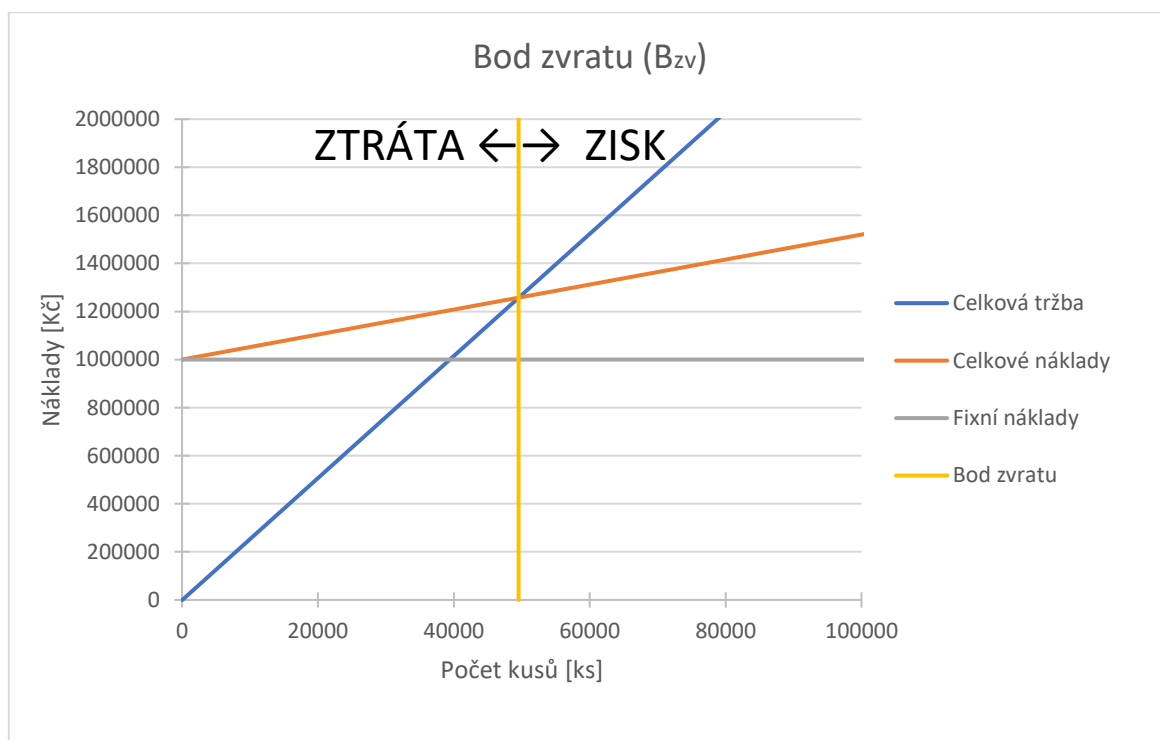
$T$  – trvanlivost nástroje, která činí dva roky.

Celková prodejní cena výrobku s připočítaným ziskem 200 % bude činit 25,38 Kč.



- Posledním bodem v ekonomickém zhodnocení je určení bodu zvratu (obr. 56), tento bod říká, při jakém počtu kusů vzniká zisk a vypočítá se pomocí vztahu:

$$B_{zv} = \frac{F_n}{C_{cv} - N_{mv}} = \frac{1\,000\,000}{25,38 - 5,2} = 49\,554,1 \cong 49\,554 \text{ ks.} \quad (4.10)$$



Obr. 56 Grafické vyjádření bodu zvratu

Bod zvratu vyšel na 49 554 ks. Lze tedy konstatovat, že výrobní série 100 000 ks bude zisková a výrobní metoda přesného stříhání byla navrhnutá správně.

## 5 ZÁVĚRY

Vyráběná součást je vodící disk. Tento disk se nachází v planetovém soukolí v automatické převodovce a konkrétně to je část sestavy planetového unašeče, který v soukolí drží pohromadě planetové převody. Velikost série byla stanovena na 100 000 kusů ročně.

Vzhledem k velikosti série a k požadované přesnosti bylo zvoleno, že se vodící disk bude zhotovovat technologií přesného stříhání s tlačnou hranou. Vzhledem k procentuálnímu využití materiálu a velikosti série bude tato součást vyráběna ze svitku plechu z materiálu DC01 o tloušťce 3 mm. Na výrobu bude potřeba celkem 24 svitků s délkou 308 m a jednoho neúplného svitku s délkou 132 m. Dále byla provedena kontrola technologičnosti ke zvolené výrobní technologii. Materiál i rozměry výstřižku vyhovovaly dané metodě, tudíž nebylo třeba provádět žádné technologické úpravy.

Na základě velikosti celkové síly  $F_c = 887,3 \text{ kN}$ , rozměrům plechu a půdorysné ploše nástroje byl na výrobu disku zvolen trojčinný hydraulický lis FEINTOOL XFT 1500speed. Vzhledem k polotovaru, který byl zvolen, je také zapotřebí odvíjecí zařízení s automatickým podavačem SRA 1500 D od firmy PA Bohemia a rovnací zařízení SS 87 od firmy PA Bohemia. Dílna byla vybavena těmito stroji před začátkem této výroby, jejich cena se tedy nepromítla do ekonomického zhodnocení.

Vzhledem k tloušťce plechu a k symetrickému tvaru součásti byla zvolena konstrukce nástroje s pohyblivým střižníkem a pevnou přitlačnou deskou, na které je tlačná hrana. Při jeho konstrukci se vycházelo ze směrnice a podkladů od firmy Zbrojovka Brno. Dále byla provedena kontrola minimální výšky střižnice a také kontrola nejmenšího střižníku na vzpěr a na otláčení. Bylo vypočítáno, že je kvůli otláčení střižníku nutné použít opěrnou kalenou desku. Ostatní pevnostní kontroly střižníku a střižnice vyhovovaly všem podmínkám výroby. Pro tento nástroj byla vytvořena výkresová dokumentace, a to konkrétně výkres sestavení a výrobní výkresy střižnice a obrysového střižníku.

Bylo vypočítáno, že cena jednoho výrobku bude 25,38 Kč. V závislosti na této ceně a fixních nákladech byl stanoven bod zvratu, tedy bod určující velikost série, při které se výroba stává ziskovou, tento bod byl vypočítán na 49 554 ks. Vzhledem k velikosti série 100 000 ks bude tedy výroba vodícího disku výdělečná.

## Seznam použitých zdrojů [45]

1. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5. V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9, 176 s.
2. Fine blanking. In: *JG Automotive* [online]. Madrid: JG Automotive, c2021 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://jgautomotive.com/wp-content/uploads/2016/07/FINEBLANKING.png>
3. LENFELD, Petr. Technologie tváření kovů. *Technologie II* [online]. Liberec: KSP [cit. 2021 03-31]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/obsah.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm)
4. Chassis. In: *E.WINKEMANN* [online]. Německo: E.WINKEMANN s.r.o, c2021 [cit. 2021 04 20]. Dostupné z: <https://www.winkemann.de/en/images/big442774a44e0827b0f1.jpg>
5. Fine blanking parts. *New Swan* [online]. Indie: New Swan Pvt, c2015 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <http://newswan.in/fine%20blank.htm>
6. Katalog - Alfun. *Metal service center* [online]. Bruntál: ALFUN, 2018 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: [https://www.alfun.cz/wp-content/uploads/2020/10/Katalog\\_2020\\_ver.2.pdf](https://www.alfun.cz/wp-content/uploads/2020/10/Katalog_2020_ver.2.pdf)
7. Ocelářův průvodce po galaxii. *B&B* [online]. Uherské Hradiště: B&B, c2021 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: [http://babca.cz/content/useruploads/ocelaruv\\_pruvodce\\_2b.pdf](http://babca.cz/content/useruploads/ocelaruv_pruvodce_2b.pdf)
8. Planetary Gears: Principles Of Operation. In: *Lancereal* [online]. Velká Británie: Lancereal Limited, 2019 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.lancereal.com/wp-content/uploads/2019/11/diagram.jpg>
9. PRINCIP ŘEZÁNÍ VODNÍM PAPERSEM. *Vodní paprsek* [online]. Olomouc: Morkus Morava s. r. o, c2016 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <http://www.rezani-cnc.cz/princip-rezani-vodnim-paprskem.html>
10. 2D Řezání vodním paprskem. *MM tryskání a lakování: Morkus Moravia* [online]. Slavíč: MM, 2015 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <http://www.tryskarna-lakovna.cz/vodni-paprsek.html>
11. HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část. *Odbor technologie obrábění* [online]. Brno: UST, c2021, 2005 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)
12. What is a plasma cutter? *Wastermans international Ltd* [online]. Velká Británie: Wastermans s.r.o, 2015 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.westermans.com/blog/plasma-cutter-faqs/>
13. DONATH, Steffan, ed. Plasma cutting - Function, advantages and disadvantages. *Cutting Tools* [online]. Vogel Communications Group, c2021 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.etmm-online.com/plasma-cutting--function-advantages-and-disadvantages-a-840857/>
14. How Does Laser Cutting Work? *Esab* [online]. USA: Esabna, c2021 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.esabna.com/us/en/education/blog/how-does-laser-cutting-work.cfm>
15. Řezání Laserem. *TH Kovo Ostrava* [online]. Ostrava: TH Kovo, c2017 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://thkovo.cz/rezani-laserem.html>
16. Postupové nástroje. In: *PMX s.r.o* [online]. Karviná: Marf, c2019 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.companypmx.cz/katalog-obrazku/clanek-29/detail-128-postupove-nastroje.jpg>

17. Fine Blanked Components Dies. *Indiamart* [online]. Indie: InterMESH, c1996-2021 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://5.imimg.com/data5/OD/UG/GLADMIN-2293644/fine-blanked-components-dies-500x500.png>
18. ČADA, Radek. *Technologie I: část tváření a slévání (návod do cvičení)*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 978-80-248-0795-9, 78 s.
19. NOVOTNÝ, Karel. Speciální výroba technologie. *Ústav strojírenské technologie* [online]. Brno, 2002 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/esv\\_specialni\\_tecnologie\\_vyroby\\_novotny\\_piska.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/esv_specialni_tecnologie_vyroby_novotny_piska.pdf)
20. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
21. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Brno: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
22. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl. V Akademickém nakladatelství CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7, 244 s.
23. NOVOTNÝ, Karel a Zdeněk MACHÁČEK. *Speciální technologie I*. Vyd. 2. Brno: VUT, 1992. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-0404-3, 176 s.
24. Technologie tváření kovů. *Ústav strojírenské technologie* [online]. Brno [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/5te\\_tecnologie\\_vyroby\\_I\\_tvareni\\_gajdos.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/5te_tecnologie_vyroby_I_tvareni_gajdos.pdf)
25. BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking: cost effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, c1997. ISBN 3-478-93161-4, 70 s.
26. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce v návrhu výstřižků. *MM Spektrum* [online]. Praha: Trumpf, 2011 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-v-navrhu-vystrizku.html>
27. Akademie tváření: Stříhání. *MM Spektrum* [online]. Praha: Trumpf, 2010 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
28. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Ladislav ŽÁK. *Technologie tváření: návody do cvičení*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2881-3, 108 s.
29. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Vyd. 3., dopl. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7, 917 s.
30. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9, 193 s.
31. GUIDI, Alfons. *Přistřihování a přesné stříhání*. Praha: STNL, 1969, 138 s.

32. VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání*. Brno: KON, 1977, 88 s.
33. BAREŠ, Karel. *Lisování*. Praha: Praha: Nakladatelství technické literatur, 1971, 567 s.
34. TSCHÄTSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes, machines, tools*. Berlin: Springer, c2006. ISBN isbn3-540-33216-2.
35. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN isbn978-1-107-00452-8.
36. SLAVÍK, Tomáš. *Plošné tváření: Výroba součástí přesným stříháním a ohýbáním*. Brno, 2019. Elaborát. Vysoké učení technické, Brno. Vedoucí práce Kamil Podaný.
37. Produkty PA Bohemia. *PA Bohemia* [online]. Brandýs nad Labem: PA Bohemia, c2001-2021 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <http://www.pabohemia.cz/website/mainmenu/webpage/>
38. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřle: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Únm, 1977, 28 s.
39. *Ocel 19 437 Cr-W-V*. 2. dopl. vyd. Praha: Úřad pro normalizace a měření, 1969.
40. *XFTspeed series* [online]. Germany: Feintool International Holding, c2020 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.feintool.com/en/products-and-services/complete-press-systems/press-configurator/xftspeed-series/>
41. Plechy, Svitky pokovované. *Montan ocel* [online]. Praha: Montan Ocel s.r.o, c2021 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.montanocel.cz/plechy-svitky-pokovene/>
42. Kovový odpad. *Trojek a.s* [online]. Ostrava: Trojek a.s, c2015 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <http://www.trojek.cz/sluzby/kovovy-odpad/>
43. E-shop pohodlné nakupování. *Kondor: hutní materiály* [online]. Pardubice: Kondro s.r.o, c2013 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/e-shop-pohodlne-nakupovani/t-284/>
44. KRUTINA, Václav a Martina NOVOTNÁ. *Ekonomika podniku: (cvičení)*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2004. ISBN isbn80-7040-732-8.
45. Citace PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/>

## Seznam použitých značek a symbolů

Označení	Legenda	Jednotka
$A_1$	Šířka výstřížku	[mm]
$A_c$	Celková práce	[J]
$A_e$	Rozměr střížnice	[mm]
$A_j$	Jmenovitý rozměr výstřížku	[mm]
$A_k$	Rozměr střížníku	[mm]
$A_p$	Práce od přitlačné desky	[J]
$A_s$	Střížná práce	[J]
$A_v$	Práce od vyhazovače	[J]
$a$	Vzdálenost tlačné hrany od okraje výstřížku	[mm]
$a_b$	Bezpečná vzdálenost otvorů od okraje plechu	[mm]
$B$	Délka výstřížku	[mm]
$B_{ZV}$	Bod zvratu	[ks]
$b_1$	Vzdálenost mezi výstřížkem a okrajem plechu	[mm]
$b_2$	Velikost můstku	[mm]
$C_{cv}$	Celková prodejní cena výrobku s připočítaným ziskem	[Kč]
$C_{mn}$	Cena za materiál na výrobu nástroje	[Kč]
$c$	Součinitel závislý na druhu stříhání	[mm]
$c_{cs}$	Celková cena za svitky plechu	[Kč]
$c_m$	Celkové náklady za materiál	[Kč]
$c_o$	Celkový zisk z prodeje opadu	[Kč]
$D_1$	Vnější průměr střížnice	[mm]
$D_b$	Maximální vnější průměr svitku	[mm]
$D_o$	Vnitřní průměr střížnice	[mm]
$d_b$	Bezpečná velikost otvoru	[mm]
$d_{b1}$	Maximální vnitřní průměr svitku	[mm]
$d_k$	Průměr kontrolovaného střížníku	[mm]
$E$	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
$F_c$	Celková síla	[N]
$F_n$	Fixní náklady	[Kč]
$F_p$	Síla od přitlačné desky	[N]
$F_s$	Střížná síla	[N]
$F_{sk}$	Střížná síla kontrolovaného střížníku	[N]



Označení	Legenda	Jednotka
$F_v$	Síla od vyhazovače	[N]
$h$	Výška tlačné hrany	[mm]
$h_1$	Výška odlehčení za tlačnou hranou	[mm]
$h_s$	Minimální výška střižnice	[mm]
$I$	Moment setrvačnosti	[mm <sup>4</sup> ]
$J_m$	Jednicová mzda	[Kč]
$K$	Velikost kroku	[mm]
$k$	Odpor materiálu proti vtlačení tlačné hrany	[N]
$k_m$	Procentuální využití materiálu	[%]
$L_c$	Délka křivky stříhu	[mm]
$L_n$	Délka tlačné hrany	[mm]
$l_k$	Obvod kontrolovaného střižníku	[mm]
$l_{krit}$	Kritická délka střižníku	[mm]
$l_n$	Délka neúplného svitku	[mm]
$l_o$	Délka odpadu, který je potřebný pro zavedení pásu	[mm]
$l_s$	Maximální délka svitku	[mm]
$l_t$	Délka tabule	[mm]
$m_s$	Hmotnost úplného svitku	[kg]
$m_{sv}$	Hmotnost jednoho výstřižku	[kg]
$N$	Celkový počet kusů	[ks]
$N_{mv}$	Materiálové náklady na jeden výstřižek	[Kč]
$N_{vn}$	Celkové náklady na výrobu nástroje	[Kč]
$N_{vv}$	Výrobní náklady na jeden výstřižek	[Kč]
$N_{zp}$	Náklady na režii firmy	[Kč]
$n$	Součinitel otupení	[-]
$n_c$	Celkový počet kusů z jedné tabule	[ks]
$n_k$	Celkový počet kusů z jednoho pásu	[ks]
$n_p$	Počet pásů z jedné tabule	[ks]
$n_{ps}$	Celkový počet svitků	[ks]
$n_t$	Celkový počet tabulí	[ks]
$n_v$	Počet výstřižků z jednoho svitku	[ks]

Označení	Legenda	Jednotka
o	Jednotlivé délky stříhu	[mm]
P	Přípustná míra opotřebení	[mm]
p	Měrný tlak	[MPa]
R	Poloměr zabolení tlačné hrany	
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
R <sub>mo</sub>	Mez pevnosti v ohybu	[MPa]
S	Střižná plocha	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>k</sub>	Plocha kontrolovaného střižníku	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>o</sub>	Plocha obrysu součásti	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>v</sub>	Plocha výstřižku	[mm <sup>2</sup> ]
š	Šířka plechu	[mm]
š <sub>m</sub>	Minimální šířka u přesného stříhání	[mm]
š <sub>s</sub>	Šířka svitku	[mm]
š <sub>t</sub>	Šířka tabule	[mm]
T	Trvanlivost nástroje	[rok]
t	Tloušťka plechu	[mm]
v	Střižná vůle	[mm]
W <sub>1</sub>	Minimální dovolená vzdálenost mezi otvory	[mm]
W <sub>2</sub>	Minimální dovolená vzdálenost mezi drážkou a otvorem	[mm]
z	Střižná mezera	[mm]
δ <sub>k</sub>	Výrobní tolerance střižníku	[mm]
δ <sub>e</sub>	Výrobní tolerance střižnice	[mm]
μ	Součinitel bezpečnosti	[-]
σ	Napětí působící na střižník	[MPa]
σ <sub>dov</sub>	Dovolené napětí v tlaku	[MPa]
τ <sub>ps</sub>	Pevnost ve stříhu	[MPa]

## Seznam obrázků:

Obr. 1 Součásti vyráběné plošným tvářením [2], [4], [5] .....	9
Obr. 2 Planetové soukolí [8] .....	10
Obr. 3 Model výstřižku.....	10
Obr. 4 Výkres výstřižku.....	10
Obr. 5 Řezání vodním paprskem [10] .....	11
Obr. 6 Řezání plazmou [12] .....	11
Obr. 7 Řezání laserem [15] .....	12
Obr. 8 Nástroj pro postupové stříhání [16] .....	12
Obr. 9 Nástroj pro přesné stříhání [17] .....	12
Obr. 10 Schéma přesného stříhání se zabolenými střížnými hranami [19] .....	13
Obr. 11 Schéma přesného stříhání se zkoseným přidržovačem [19] .....	13
Obr. 12 Schéma přistřihování [19] .....	14
Obr. 13 Schéma kalibrování [19].....	14
Obr. 14 Průběh přesného stříhání s tlačnou hranou [21] .....	15
Obr. 15 Tvar tlačné hrany [24] .....	16
Obr. 16 Poloha tlačné hrany [28] .....	16
Obr. 17 Průběh napětí a sil u přesného stříhání s tlačnou hranou [1] .....	17
Obr. 18 Střížná práce u přesného stříhání [21] .....	18
Obr. 19 Střížná plocha u běžného stříhání [20] .....	19
Obr. 20 Rozdíl v kvalitě střížné plochy [25] .....	19
Obr. 21 Mohrovy kružnice přesného stříhání [20] .....	19
Obr. 22 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy [18] .....	20
Obr. 23 Konstrukce nástroje [30] .....	21
Obr. 24 Střížný nástroj [3] .....	21
Obr. 25 Příklady ukotvení střížníku [30] .....	22
Obr. 26 Geometrie střížnice [30] .....	23
Obr. 27 Minimální šířka u přesného stříhání [33] .....	24
Obr. 28 Stříhání ostrých rohů [33] .....	24
Obr. 29 Zaoblení výstřižků [33] .....	24
Obr. 30 Přechody oblouků [33] .....	24
Obr. 31 Minimální dovolená vzdálenost mezi otvory [1] .....	25
Obr. 32 Minimální dovolená velikost otvorů a jejich vzdálenost od kraje [32] .....	25
Obr. 33 Minimální vzdálenost výstřižků [1] .....	25
Obr. 34 Příklad nástřihového plánu pro přesné stříhání s tlačnou hranou [36] .....	26
Obr. 35 Vada trhliny [21] .....	27
Obr. 36 Vada odtržený okraj [21] .....	27
Obr. 37 Vada zvlnění [21] .....	27
Obr. 38 Vada velký otřep [21] .....	27
Obr. 39 Vada podélné prohnutí materiálu [21] .....	27
Obr. 40 Zkroucený výstřižek [21] .....	27
Obr. 41 Vyznačení důležitých rozměrů .....	28
Obr. 42 Možné způsoby rozdělení tabule na pásy [36] .....	29
Obr. 43 Rozměry svitku.....	30
Obr. 44 Nástřihový plán s rozměry .....	31
Obr. 45 Rozměry tlačné hrany .....	31
Obr. 46 Tvar tlačné hrany a její zakótování.....	31
Obr. 47 Znázornění jednotlivých délek stříhu .....	32
Obr. 48 Rozměry střížníku a střížnice u vystřihování a děrování [36] .....	33
Obr. 49 Označení jednotlivých rozměrů .....	34

Obr. 50 Zakótované parametry střižnice .....	35
Obr. 51 FEINTOOL XFT 1500speed [40].....	36
Obr. 52 Nárysny řez střižným nástrojem .....	38
Obr. 53 Bokorysný řez střižným nástrojem.....	38
Obr. 54 Montážní detail horní části nástroje .....	38
Obr. 55 Montážní detail dolní části nástroje .....	38
Obr. 56 Grafické vyjádření bodu zvratu .....	41

### **Seznam tabulek:**

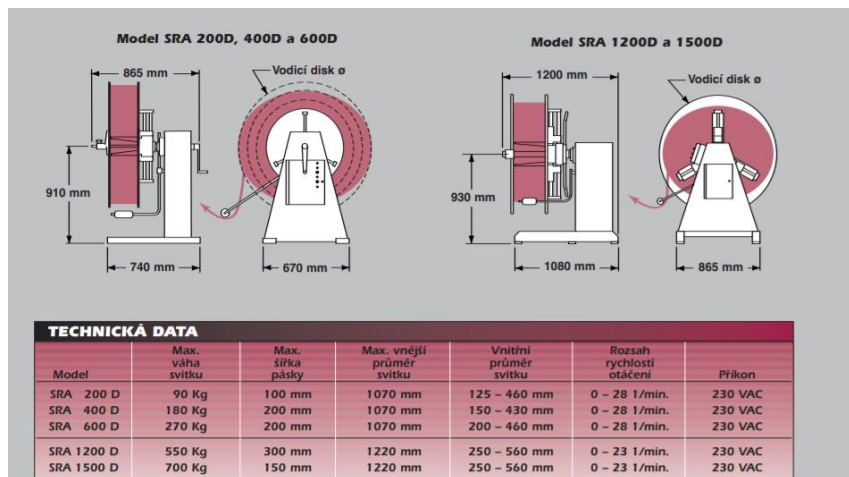
Tab. 1 Mechanické vlastnosti materiálu DC01 [6] .....	10
Tab. 2 Chemické složení prvků v DC01 [7] .....	10
Tab. 3 Tabulka hodnot pro tlačnou hranu [24] .....	16
Tab. 4 Materiály částí střižného nástroje [21] .....	22
Tab. 5 Vhodnost materiálu pro přesné stříhání [1] .....	24
Tab. 6 Procentuální využití materiálu pro různé varianty uspořádání .....	30
Tab. 7 Hodnoty funkčních rozměrů s tolerancemi .....	34
Tab. 8 Technické parametry lisu FEINTOOL XFT 1500speed [40] .....	36
Tab. 9 Ceny jednotlivých materiálu od firmy Kondor [43].....	40

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1    Technické parametry odvíjecího zařízení SRA 1200D [37]  
Příloha 2    Technické parametry rovnacího zařízení SS 87 [37]  
Příloha 3    Vztahy pro výpočet funkčních rozměrů střížníku a střížnice [38]

## **SEZNAM VÝKRESŮ**

STŘIŽNÝ NÁSTROJ	BP_21_209117_00
STŘIŽNICE	BP_21_209117_01
OBRYSOVÝ STŘIŽNÍK	BP_21_209117_02
VODÍCÍ DISK	BP_21_209117_03







TECHNICKÁ DATA							
Model	Max. šířka pásky	Rozsah tloušťky pásky	Počet rovnacích válců	Průměr rovnacích válců	Počet tažných válců	Průměr tažných válců	Rychlost
SS 55	125 mm	0,4 – 2,0 mm	5 ks	40 mm	4 ks	40 mm	0 – 23 m/min.
SS 85	200 mm	0,4 – 1,8 mm	5 ks	40 mm	4 ks	40 mm	0 – 23 m/min.
SS 125	300 mm	0,4 – 1,4 mm	5 ks	40 mm	4 ks	40 mm	0 – 23 m/min.
SS 165	400 mm	0,4 – 1,0 mm	5 ks	40 mm	4 ks	40 mm	0 – 23 m/min.
SS 205	500 mm	0,4 – 0,8 mm	5 ks	40 mm	4 ks	40 mm	0 – 23 m/min.
SS 87	200 mm	0,5 – 3,4 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 127	300 mm	0,5 – 3,2 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 167	400 mm	0,5 – 2,7 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 207	500 mm	0,5 – 2,4 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 257	650 mm	0,5 – 1,8 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 327	800 mm	0,5 – 1,0 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 407	1000 mm	0,5 – 0,8 mm	7 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 1211	300 mm	0,4 – 3,0 mm	11 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 2011	500 mm	0,4 – 2,2 mm	11 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 2511	650 mm	0,4 – 1,9 mm	11 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 3211	800 mm	0,4 – 1,5 mm	11 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.
SS 4011	1000 mm	0,4 – 1,1 mm	11 ks	60 mm	4 ks	60 mm	0 – 23 m/min.

**Vystřihování**

Opotřebení rozměru	Orientace úchylek	Střížnice	Střížník
Rozměr se zvětšuje	+	$A_e = (A_j)^{+\delta_e}$	$A_k = (A_j - v + \delta_k)_{-\delta_k}$
	-	$A_e = (A_j - P)^{+\delta_e}$	$A_k = (A_j - P - v + \delta_k)_{-\delta_k}$
	$\pm$	$A_e = (A_j - P/2)^{+\delta_e}$	$A_k = (A_j - P/2 - v + \delta_k)_{-\delta_k}$
Rozměr se zmenšuje	+	$A_e = (A_j + P)_{-\delta_e}$	$A_k = (A_j + P + v)^{+\delta_k}$
	-	$A_e = (A_j)_{-\delta_e}$	$A_k = (A_j + v)^{+\delta_k}$
	$\pm$	$A_e = (A_j + P/2)_{-\delta_e}$	$A_k = (A_j + P/2 + v)^{+\delta_k}$
Rozměr se nemění	+	$A_e = (A_j + P/2) \pm \delta_e$	$A_k = (A_j + P/2) \pm \delta_k$
	-	$A_e = (A_j - P/2) \pm \delta_e$	$A_k = (A_j - P/2) \pm \delta_k$
	$\pm$	$A_e = (A_j) \pm \delta_e$	$A_k = (A_j) \pm \delta_k$

**Děrování**

Opotřebení rozměru	Orientace úchylek	Střížník	Střížnice
Rozměr se zvětšuje	+	$A_k = (A_j)^{+\delta_k}$	$A_e = (A_j - v + \delta_e)_{-\delta_e}$
	-	$A_k = (A_j - P)^{+\delta_k}$	$A_e = (A_j - P - v + \delta_e)_{-\delta_e}$
	$\pm$	$A_k = (A_j - P/2)^{+\delta_k}$	$A_e = (A_j - P/2 - v + \delta_e)_{-\delta_e}$
Rozměr se zmenšuje	+	$A_k = (A_j + P)_{-\delta_k}$	$A_e = (A_j + P + v)^{+\delta_e}$
	-	$A_k = (A_j)_{-\delta_k}$	$A_e = (A_j + v)^{+\delta_e}$
	$\pm$	$A_k = (A_j + P/2)_{-\delta_k}$	$A_e = (A_j + P/2 + v)^{+\delta_e}$
Rozměr se nemění	+	$A_k = (A_j + P/2) \pm \delta_k$	$A_e = (A_j + P/2) \pm \delta_e$
	-	$A_k = (A_j - P/2) \pm \delta_k$	$A_e = (A_j - P/2) \pm \delta_e$
	$\pm$	$A_k = (A_j) \pm \delta_k$	$A_e = (A_j) \pm \delta_e$